



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Ivo Jerónimo da Silva Araújo

Auditoria Energética

Edifício da Escola Superior de Tecnologia e Gestão – Caso de Estudo

Projeto apresentado para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Energias
Renováveis

Orientador:

Professor Doutor António José Candeias Curado

Outubro de 2014

JÚRI

Presidente: Doutora Professora Preciosa de Jesus da Costa Pires

Arguente: Doutor Professor Manuel Joaquim Peixoto Marques Ribeiro

Arguente: Doutor Professor Duarte Nuno Malheiro Alves

Orientador: Doutor Professor António José Candeias Curado

AGRADECIMENTOS

Ao longo da minha vida académica, principalmente nesta etapa final de elaboração do projeto de mestrado, muitas foram as pessoas que me ajudaram, sem as quais este trabalho teria sido sem dúvida muito mais difícil de realizar. A todas elas a minha profunda gratidão.

Não posso deixar de expressar de uma forma particular a minha sentida gratidão:

Ao Professor Engenheiro António José Candeias Curado, meu orientador, pela orientação e pela sua sabedoria, incentivo e objetividade, durante o desenvolvimento deste projeto e sem o qual não teria sido possível a sua conclusão.

À minha namorada, pelo amor, incentivo, companheirismo, compreensão e paciência em todos os momentos.

Ao meu filho pela inspiração e motivação que proporcionou.

Aos colegas e amigos, tanto do Mestrado como do local de trabalho que tanto me apoiaram e motivaram nesta longa etapa.

A todos eles o meu

Muito Obrigado

RESUMO

O aumento progressivo do consumo da energia no mundo atual e por conseguinte as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) tem provocado alterações climáticas por via do aquecimento global. Neste contexto, têm vindo a ser tomadas medidas previstas pelo Protocolo de Quioto que fixam valores máximos para as emissões de GEE. Os países que subscreveram o Protocolo vêm implementando medidas e políticas para a redução das referidas emissões. Assim, e no âmbito da diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho 2010/31/CE, a União Europeia assumiu o compromisso de reduzir até 2020 as emissões globais de gases com efeito de estufa em pelo menos 20% em relação aos níveis de 1990 e Portugal através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 1 /2008 assumiu o compromisso de limitar o aumento das suas emissões de gases com efeito de estufa em 27%, no período de 2008-2012, relativamente a valores de 1990.

No projeto em curso propõe-se a realização de uma auditoria energética à Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG) que pertence ao Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC). Os principais objetivos do estudo são: efetuar a caracterização geral do edifício de um ponto de vista técnico, com identificação e caracterização das soluções construtivas da envolvente e dos seus impactos no comportamento térmico do mesmo, de um ponto de vista estritamente qualitativo, efetuar a identificação e a caracterização de equipamentos e sistemas energéticos, efetuar a discriminação dos gastos energéticos dos diferentes sistemas e equipamentos instalados e avaliar os seus impactos na faturação energética, e por fim avaliar um conjunto de medidas de melhoria da eficiência energética.

A metodologia adotada para o trabalho consistiu na desagregação dos vários consumos de energia através das suas faturas. No terreno foi efetuada uma caracterização dos edifícios e dos sistemas energéticos instalados. No seguimento deste estudo foram efetuadas medições diretas através de dois analisadores de rede e de um analisador de gases.

O projeto permitiu obter as seguintes conclusões: no período de referência (2012), o edifício da ESTG apresentou um consumo de energia final de 182,81 teps. Do consumo total de energia consumida, 74% foi de eletricidade, que corresponde ao triplo do consumo do gás natural que foi de 23%. O consumo de pellets apenas chegou aos 3%; o encargo com o consumo total de energia foi de 138 714€. Na eletricidade foram gastos 94 674€ que

corresponde a 68% dos encargos. Com o gás natural obteve-se um gasto de 40 498€ e 3 542€ com as pellets. Na sequência do estudo de sensibilidade realizado, pode afirmar-se que com pequenas mudanças nos hábitos de consumo, são obtidas poupanças energéticas consideráveis.

Os estudos técnico – económicos efetuados neste projeto apresentam soluções viáveis. Na substituição/reparação da bateria de condensadores obtemos um período de retorno de cerca de 2 meses, sendo que o lucro no final do ano ronda os 8 000€. O estudo de alteração da iluminação dos corredores da ESTG garante que todas as soluções analisadas são rentáveis: obtém-se uma maior rentabilidade com a substituição por balastros eletrónicos, já que têm um retorno num intervalo de tempo de 0,33 anos. No entanto, o benefício total dentro do período de análise (5 anos) é superior na solução de substituição por lâmpadas LED, com um benefício próximo de 9 000€ mais, obtido para todo o período de retorno do investimento comparativamente com os balastros eletrónicos.

PALAVRAS-CHAVE: Auditoria Energética, Eficiência Energética, Edifícios de Serviços, Consumos de Energia.

ABSTRACT

The progressive rise of worldwide energy consumption and greenhouse gas emissions (GHG), have been causing climate change lead by global warming. In this context, measures have been taken since the Kyoto Protocol that limits the maximum output of GGE. The countries that have signed the protocol have been implementing measures and policies targeted to the reduction of GHG. This way, and under the directive of the European Parliament and The Council 2010/31/CE, the European Union took the commitment of reducing GHG emissions by 20% until 2020 compared with the GHG levels of 1990. Portugal took the commitment and started implementing measures such as the Resolution of Ministry Council 1/2008, by cap the increase of GHG to 27% through 2008-2012 comparatively to 1990.

The current project proposes an energy audit to IPVC's Escola Superior de Tecnologia e Gestão - ESTG. The main goals of the study are: to create a strictly qualitative general profile of the building from a technical perspective, with focus on the building's construction strategy and its impact on the thermal behavior; recon and profile of equipment and energy systems; scrutinize energy expenditure of the different systems and equipment installed and evaluate its impact on the energy billing; and at last to evaluate a set of measures for energetic efficiency improvement.

The methodology used for this project, consisted in the segregation of the many forms of consumption through their invoices. On the terrain, the buildings and their installed energy systems were characterized. Following this study, direct measures were taken through two network analyzers and a gas analyzer.

This project yielded the following conclusions: during the reporting period (2012), ESTG's buildings presented a final energy consumption of 182,81 TOE. From total consumption, electricity was 74%, which corresponds to triple the consumption of natural gas, which weighed in at 23%. The consumption of Pellets reached only 3% of the total; the total charge for energy consumption was 138 714€. With electricity, the spending was 94 674€ which corresponds to 68% of the total. Natural gas had 40 498€ of the total cost and pellets accounted for 3 542€. Following an awareness study, it can be stated that with small changes on the consumption habits, energy savings are obtained.

The techno-economic studies elaborated in this project present feasible solutions. With replacement/repair of the capacitor array, there's a Return On Investment (ROI) of about 2 months, and the profits per year are circa 8 000€. The study for the alteration of the hallways lighting at ESTG supports that the analyzed solutions are lucrative: The replacement of the current ballasts with electronic ballasts has a ROI of 0,33 years. However, the total benefit within the analysis period (5 years) is superior if the replacement is done with LED lights, with an approximate total profit of 9 000€ throughout the ROI period over the electronic ballasts.

KEYWORDS: Energy Audit, Energy Efficiency, Services Building's, Energy Consumption.

ÍNDICE GERAL

Júri.....	III
Agradecimentos	V
Resumo	VII
Abstract	IX
Índice Geral.....	XI
Índice de Figuras.....	XV
Índice de Tabelas	XIX
Índice de Gráficos	XXIII
Lista de Abreviaturas	XXIX
1. Introdução.....	1
1.1. O Contexto energético atual	1
1.2. A energia e os edifícios panorama Europeu	2
1.3. A diretiva comunitária e a legislação nacional	3
1.4. Auditorias energéticas a edifício de serviços à luz do RECS	5
2. Gestão da Energia nos Edifícios de Serviços	7
2.1. Auditorias Energéticas	7
2.2. Consumos Energéticos em Portugal	7
2.3. Caso de Estudo – Edifício da ESTG	8
2.4. Caso de Estudo - Áreas Técnicas	14
2.4.1. Posto de Transformação.....	14
2.4.2. Central térmica gás natural	18
2.4.3. Central térmica de Biomassa e solar térmico.....	20

2.4.4.	Sistema de ar-comprimido	23
2.4.5.	Iluminação.....	24
2.4.6.	Tomadas elétricas.....	27
2.4.7.	Sistema de aquecimento ambiente	27
3.	Caracterização do consumo energético do caso de estudo	29
3.1.	Enquadramento dos consumos para edifícios do estado	29
3.2.	Consumo anual de energia	32
3.3.	Consumo anual de energia elétrica	34
3.4.	Consumo anual de gás natural.....	75
3.5.	Consumo anual de biomassa	84
4.	Análise e interpretação de resultados.....	87
4.1.	Métodos e meios utilizados	87
4.2.	Interpretação de resultados.....	88
4.2.1.	Consumo anual de energia	88
4.2.2.	Consumo anual de energia elétrica	89
4.2.3.	Consumo anual de gás natural	93
4.2.4.	Consumo anual de pellets	94
4.3.	Estudo de sensibilidade.....	95
4.3.1.	Aproveitamento de água quente dos destiladores	95
4.3.2.	Colocação de equipamento de automação/domótica na iluminação... ..	96
4.3.3.	Correção do fator de potência	98
4.3.4.	Colocação de contadores parciais de gás e entalpia.....	100

4.3.5.	Alterar o tipo de iluminação.....	100
4.3.6.	Regular/afinar caldeiras de gás natural	101
4.3.7.	Negociação da potência contratada.....	103
5.	Estudo técnico-económico das medidas de reforço da eficiência energética	105
5.1.	Enquadramento	105
5.2.	Correção do fator de potência	105
5.3.	Alteração da iluminação existente	108
5.3.1.	Balastros eletrónicos	113
5.3.2.	Eco Tubos	117
5.3.3.	Led	120
6.	Conclusões Gerais	125
7.	Referências Bibliográficas	129
	APÊNDICES	131
	Apêndice I - Consumos finais (tep) europeus por tipo de setor consumidor.....	132
	Apêndice II – Tabela de iluminação de salas de aula e auditórios	133
	Apêndice III– Tabela de iluminação de Laboratórios e Armazéns	134
	Apêndice IV – Tabela de de iluminação de WC´s e Corredores	135
	Apêndice V – Tabelas de iluminação de Gabinetes	136
	Apêndice VI – Tabela da iluminação Exterior.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Campus ESTG com vista aérea.	8
Figura 2 – Edifício Principal da ESTG.....	9
Figura 3 - Bloco Oficial.....	10
Figura 4 - Casa das máquinas.....	11
Figura 5 - Biblioteca Barbosa Romero.....	11
Figura 6 - Campo de Jogos.....	12
Figura 7 - Balneário que serve de apoio ao campo de jogos.	12
Figura 8 - Disposição Campus ESTG.	13
Figura 9 - Edifícios do campus da ESTG em análise.....	14
Figura 10 - Posto de transformação.....	14
Figura 11 – Rede do posto de transformação.	15
Figura 12 - Transformador.	15
Figura 13 - Controlador da bateria de condensadores	16
Figura 14 – Interior da bateria de condensadores.....	16
Figura 15 - Os dois transformadores da ESTG.	16
Figura 16 - Quadro de distribuição do Posto de Transformação da ESTG.	17
Figura 17 - Quadro de controlo do sistema de emergência	17
Figura 18 - Gerador.	17
Figura 19 - As três caldeiras da central térmica a gás natural	18

Figura 20 - Queimador de uma das caldeiras.	18
Figura 21 - Sistema de bombagem para aquecimento ambiente.	19
Figura 22 - Sistema de bombagem e reservatório de água quente sanitária.	19
Figura 23 - Esquema de princípio da central térmica. (fonte: Relatório implementação unidade piloto AQS ESTG).....	20
Figura 24 - Caldeiras de pellets.	21
Figura 25 - Silos de armazenamento de pellets.	22
Figura 26 - Sistema de Controlo.....	22
Figura 27 - Sistema de ar-comprimido do edifício principal (compressor e depósito + secador).....	23
Figura 28 - Sistema de ar-comprimido do bloco oficial.....	24
Figura 29 - Vários tipos de lâmpadas fluorescentes, incandescente e iodetos metálicos. ...	25
Figura 30 - Horários inverno e verão para MT.....	35
Figura 31 - Analisador de rede PQA84	74
Figura 32 – Analisador de rede GSC 53N.....	74
Figura 33 – Fluxograma da distribuição de energia dentro da ESTG.	74
Figura 34 – Derivação no esgoto do destilador.	96
Figura 35 – Encaminhamento da água.	96
Figura 36 - Condensadores	98
Figura 37 - Controlador Bateria de Condensadores	98
Figura 38 - Analisador de Rede.....	99

Figura 39 - Colocação do analisador no Barramento	99
Figura 40 - Quadro de distribuição geral da ESTG.....	99
Figura 41 - Colocação da sonda na chaminé dos gases.....	102
Figura 42 - Leitura dos dados.....	102
Figura 43 - Regulador da caldeira.....	102
Figura 44-Balastro Ferromagnético 1x36 W recente.....	109
Figura 45- Balastro Ferromagnético 1x36 W origem.....	109
Figura 46 – Arrancador S10 lâmpadas 36 e 58 W.....	109
Figura 47 – Adaptação das luminárias para as várias soluções propostas.....	110
Figura 48 - Exemplo de Balastro Eletrónico	114
Figura 49 - Exemplo de Eco tubo.....	117
Figura 50 - Exemplo de uma lâmpada led.....	120

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição de lâmpadas por vários tipos de áreas.....	25
Tabela 2 – Distribuição de lâmpadas por edifícios e pisos.....	26
Tabela 3 – Consumo total por tipo de lâmpada.	26
Tabela 4 – Consumo de energia elétrica por setor consumidor em milhares de tep.	30
Tabela 5 - Consumo de energia elétrica na ESTG de 2010 a 2012.	31
Tabela 6 – Quadro geral do consumo de energias.....	32
Tabela 7 - Situação Contratual Edifício 2012	35
Tabela 8 - Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT para 2012.....	35
Tabela 9 - Valor mensal dos encargos com PC, PHP e termo tarifário.....	69
Tabela 10 – Varias conversões de energia elétrica durante 2012.....	71
Tabela 11 – Descrição dos períodos e o número de dias correspondentes.....	75
Tabela 12 – Variação PCS ao longo do período de referência.....	76
Tabela 13 – Evolução do preço do kWh e do termo tarifário fixo durante 2012.	77
Tabela 14 - Consumos de gás em m ³ e kWh	78
Tabela 15 - Custo associado ao consumo de gás.....	79
Tabela 16 – Composição química do gás natural	80
Tabela 17 – Propriedades gás natural	81
Tabela 18 – Equivalências energéticas gás natural	81
Tabela 19 – Consumos e emissões do gás para o período de referência 2012.	81

Tabela 20 - Consumo de pellets e custo associado em 2012.....	84
Tabela 21 - Consumos e emissões de pellets para o período de referência 2012.....	85
Tabela 22 – Resumo do consumo de energia elétrica ativa.....	90
Tabela 23 - Divisão dos encargos anuais de eletricidade pelos vários itens da fatura.	93
Tabela 24 - Valores obtidos nas várias medições efetuadas com o analisador de gases ...	103
Tabela 25 – Investimento inicial para resolver problema do fator de potência.....	106
Tabela 26 - Análise do consumo de energia reativa em 2011	106
Tabela 27 - Previsão de encargos anuais a ter com a energia reativa.....	107
Tabela 28 – Custos de investimento.....	107
Tabela 29 – Benefícios na solução de correção do fator de potência.....	107
Tabela 30 - Resumo do Cash Flow.....	108
Tabela 31 – Resultados económicos para a solução de correção do fator de potência.	108
Tabela 32 – Consumos unitários de cada tipo de lâmpada.....	110
Tabela 33 – Custo unitário dos vários equipamentos usados ao longo deste estudo.	110
Tabela 34 – Duração em horas dos vários tipos de lâmpadas.	111
Tabela 35 - Custo da energia.	111
Tabela 36 – Valores diários de consumos e custos.	111
Tabela 37 – Valores anuais de consumos e custos	112
Tabela 38 – Análise das tarifas.....	112
Tabela 39 – Percentagem de evolução das tarifas.	113
Tabela 40 – Custo associado à instalação do balastro eletrónico.	114

Tabela 41 - Custo do Investimento Inicial na solução de balastros eletrónicos.	114
Tabela 42 – Consumo diário e anual para utilização dos balastros eletrónicos.	115
Tabela 43 – Custo associado a aquisição e substituição de lâmpadas.....	115
Tabela 44 – Benefícios do projeto.....	116
Tabela 45 - Resumo do cash flow.	116
Tabela 46 – Resultados económicos para os balastros eletrónicos.	116
Tabela 47 – Custo associado à instalação do eco tubo.....	118
Tabela 48 - Custo do Investimento Inicial na solução de eco tubos.....	118
Tabela 49 – Consumo diário e anual para utilização do eco tubo.	118
Tabela 50 – Custo associado a aquisição e substituição de lâmpadas.....	119
Tabela 51 – Benefícios do projeto.....	119
Tabela 52 - Resumo do cash flow.	119
Tabela 53 – Resultados económicos para os Eco tubos.	120
Tabela 54 – Custo associado à instalação da lâmpada led.	121
Tabela 55 - Custo do Investimento Inicial na solução de lâmpadas led.....	121
Tabela 56 – Consumo diário e anual para utilização da lâmpada led.....	122
Tabela 57 – Custo associado a aquisição e substituição de lâmpadas.....	122
Tabela 58 – Benefícios do projeto.....	122
Tabela 59 - Resumo do cash flow.	123
Tabela 60 – Resultados económicos para os Eco tubos.	123
Tabela 61 - Consumos finais (tep) europeus por tipo de setor consumidor	132

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo de energia final por setor de atividade na Europa dos 27 países em 2012.	3
Gráfico 2 - Consumo de energia final por setor de atividade no ano de 2012 para Portugal.8	
Gráfico 3 - Potência instalada por tipo de lâmpada nos edifícios em estudo.	26
Gráfico 4 – Consumo de energia elétrica por setor consumidor nos anos de 2010 a 2012. 30	
Gráfico 5 – Consumo de energia elétrica nos serviços de 2010 a 2012.	30
Gráfico 6 - Consumo mensal de energia elétrica no período 2010 a 2012.....	31
Gráfico 7 - Consumo anual de energia no período de 2010 a 2012	31
Gráfico 8 -Consumo dos vários tipos de energia em kWh.....	33
Gráfico 9 – Consumo de energia primária em tep´s para o período de referência de 2012.33	
Gráfico 10 - Consumo de energia final em GJ´s para o período de referência de 2012.....	33
Gráfico 11 - Produção de dióxido de carbono,TCO ₂ , no período de referência 2012.....	34
Gráfico 12 – Custo anual com os vários tipos de energia.	34
Gráfico 13 – Representação linear gráfica do mês de Janeiro de 2012.	37
Gráfico 14 – Consumo médio por período horário no mês Janeiro de 2012.....	38
Gráfico 15 – Consumo total por período tarifário no mês de Janeiro de 2012.	38
Gráfico 16 - Representação linear gráfica do mês de Fevereiro de 2012.....	39
Gráfico 17 - Consumo médio por período horário no mês Fevereiro de 2012.....	40
Gráfico 18 – Consumo total por período tarifário no mês de Fevereiro de 2012.....	40
Gráfico 19 – Representação linear gráfica do mês de Março de 2012.	41

Gráfico 20 - Consumo médio por período horário no mês Março de 2012.	42
Gráfico 21 - Consumo total por período tarifário no mês de Março de 2012.	42
Gráfico 22 - Representação linear gráfica do mês de Abril de 2012.....	43
Gráfico 23 – Consumo médio por período horário no mês Abril de 2012.....	44
Gráfico 24 - Consumo total por período tarifário no mês de Abril de 2012.	44
Gráfico 25 - Representação linear gráfica do mês de Maio de 2012.....	45
Gráfico 26 - Consumo médio por período horário no mês Maio de 2012.	46
Gráfico 27 – Consumo total por período tarifário no mês de Maio de 2012.....	46
Gráfico 28 - Representação linear gráfica do mês de Junho de 2012.....	47
Gráfico 29 - Consumo médio por período horário no mês Junho de 2012.	48
Gráfico 30 - Consumo total por período tarifário no mês de Junho de 2012.	48
Gráfico 31 - Representação linear gráfica do mês de Julho de 2012.	49
Gráfico 32 - Consumo médio por período horário no mês Julho de 2012.	50
Gráfico 33 – Consumo total por período tarifário no mês de Julho de 2012.	50
Gráfico 34 - Representação linear gráfica do mês de Agosto de 2012.....	51
Gráfico 35 - Consumo médio por período horário no mês Agosto de 2012.	52
Gráfico 36 - Consumo total por período tarifário no mês de Agosto de 2012.	52
Gráfico 37 - Representação linear gráfica do mês de Setembro de 2012.....	53
Gráfico 38 – Consumo médio por período horário no mês Setembro de 2012.....	54
Gráfico 39 - Consumo total por período tarifário no mês de Setembro de 2012.	54
Gráfico 40 - Representação linear gráfica do mês de Outubro de 2012.....	55

Gráfico 41 - Consumo médio por período horário no mês Outubro de 2012.....	56
Gráfico 42 - Consumo total por período tarifário no mês de Outubro de 2012.	56
Gráfico 43 - Representação linear gráfica do mês de Novembro de 2012.	57
Gráfico 44 - Consumo médio por período horário no mês Novembro de 2012.....	58
Gráfico 45 - Consumo total por período tarifário no mês de Novembro de 2012.....	58
Gráfico 46 - Representação linear gráfica do mês de Dezembro de 2012.	59
Gráfico 47 - Consumo médio por período horário no mês Dezembro de 2012.	60
Gráfico 48 - Consumo total por período tarifário no mês de Dezembro de 2012.	61
Gráfico 49 – Desagregação do consumo de energia ativa por mês e por período tarifário durante 2012	61
Gráfico 50 - Desagregação do consumo de energia ativa anual por período tarifário durante 2012	61
Gráfico 51 - Consumo médio diário de energia ativa no período de referência ano de 2012.	62
Gráfico 52 - Evolução dos preços da energia ao longo do período de referência.	62
Gráfico 53 - Custo mensal da energia ativa durante 2012 por período tarifário.	63
Gráfico 54 - Custo anual dos vários tipos de energia durante 2012.....	63
Gráfico 55 – Evolução de consumos de energia reativa consumida (indutiva) no mês de Fevereiro.....	65
Gráfico 56 - Evolução de consumos de energia reativa consumida (indutiva) no mês de Março.....	66
Gráfico 57 - Evolução de consumos de energia reativa fornecida (capacitiva) no mês de Fevereiro.....	66

Gráfico 58 - Evolução de consumos de energia reativa fornecida (capacitiva) no mês de Março.....	67
Gráfico 59 – Consumo de energia reativa nas várias vertentes durante o período de referência 2012.	67
Gráfico 60 – Gasto mensal com e energia reativa durante 2012.....	68
Gráfico 61 – Consumo mensal de energia reativa durante 2012.....	68
Gráfico 62 - Valor mensal das potências e termo tarifário em 2012.....	69
Gráfico 63 - Valor anual das potências e termo tarifário.	70
Gráfico 64 – Total de energia ativa consumida em 2012.	72
Gráfico 65 – Consumo de energia primária mensal durante 2012.	72
Gráfico 66 - Consumo de energia final mensal durante 2012.....	73
Gráfico 67 - Emissões de dióxido de carbono associadas à produção de energia durante 2012.	73
Gráfico 68 – Consumo obtido pelas medições dos analisadores de rede.	74
Gráfico 69 - Evolução do PCS durante o período de referência (2012).....	76
Gráfico 70 – Evolução do preço do kWh do gás natural durante o período de referência (2012).	77
Gráfico 71 – Evolução do preço do termo tarifário fixo durante período de referência (2012).	77
Gráfico 72 – Consumo de gás em m ³ no período de referência (2012).....	78
Gráfico 73 – Consumo de gás natural em kWh durante o período de referência (2012)	78
Gráfico 74 – Consumo medio diário em kWh por período no ano de referência (2012)....	79

Gráfico 75 – Percentagem do custo associado ao gás natural nos vários períodos do ano.	80
Gráfico 76 - Consumo de energia primária (tep's) de gás natural no período de referência (2012).	82
Gráfico 77 - Consumo de Energia Final (GJ) de gás natural no período de referência (2012).	82
Gráfico 78 – Emissões (tCO ₂) de gás natural no período de referência (2012).	82
Gráfico 79 – Percentagem por mês/período de consumo ao longo do ano de referencia de 2012	83
Gráfico 80 – Evolução do preço dos itens faturados durante 5 anos.....	112
Gráfico 81 – Percentagem de aumento das tarifas	113

LISTA DE ABREVIATURAS

ADENE	Agência para a Energia
AQS	Água Quente Sanitárias
AT	Alta Tensão
BP	Baixa Pressão
BTE	Baixa Tensão Especial
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EDP	Energias de Portugal
ENVC	Estaleiros Navais de Viana do Castelo
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GES	Grande Edifício de Comércio e Serviços

IEE	Indicador de Eficiência Energética
IGAMAOT	Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território
IPVC	Instituto Politécnico de Viana do Castelo
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
MAT	Muito Alta Tensão
MT	Media Tensão
PC	Potência Contratada
PCS	Poder Calorífico Superior
PES	Pequeno Edifício de Comércio e Serviços
PHP	Potência horas de ponta
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

PPEC	Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica
PQ	Perito Qualificado
PRE	Plano de Racionalização Energética
PRI	Período de Recuperação do Investimento
PT	Posto de Transformação
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RNBC	Roteiro Nacional de Baixo Carbono
ROI	Return on Investment
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.
TEP	Tonelada Equivalente de Petróleo
TI	Transformador de Intensidade

TIM	Técnicos de Instalação e Manutenção de Edifícios e Sistemas
TIR	Taxa Interna de Retorno
TOE	Tonne of Oil Equivalent
UMA	Unidade de Microbiologia Aplicada
VAL	Valor Atual Liquido

1. INTRODUÇÃO

1.1. O Contexto energético atual

O consumo de energia é dividido em 3 setores: indústria, transporte e edifícios (serviços e domésticos). O setor dos edifícios domésticos apresenta um consumo de 17% do consumo de energia final. Através da reabilitação de edifícios pretende-se efetuar uma melhoria das condições de conforto térmico e promover uma melhoria significativa da sua eficiência energética (Curado, 2009). O setor da indústria apresenta um consumo de 29%. Em 2011 foi criada a norma ISO 50001, com o objetivo de permitir que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo (ISO, 2011). O setor com uma maior percentagem de consumo é o dos transportes com 40% do total de energia final, este setor é constituído por 4 subsistemas: rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo e onde existe uma necessidade de fomentar o uso de veículos elétricos (Estratégia nacional de investigação e inovação, 2013) e a partilha de veículos em deslocações periódicas por exemplo deslocação ao local de trabalho ("Missão UP - Professores," 2014).

Em 2007 a Comissão Europeia efetuou um estudo, “2020 vision: saving our energy” onde afirma ser possível que até 2020 exista uma poupança entre 27 a 30%, no consumo de energia final nos edifícios residenciais e comerciais, 26% nos transportes e 25% na indústria (Comissão Europeia, 2007). Um dos principais problemas da sociedade nos vários setores é a falta de sensibilidade por parte da população no que respeita à racionalização do consumo energético, existindo enormes taxas de desperdício (Teixeira, 2013).

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e do Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER), aprovados pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 20/2013, que reúne um conjunto de programas e medidas de eficiência energética, com um horizonte temporal que se estende até 2016 o PNAEE e até 2020 o PNAER, têm os seguintes objetivos principais: cumprir os compromissos assumidos por Portugal, reduzir significativamente as emissões GEE, reforçar a diversidade das fontes de energia primária, aumentar a eficiência energética, com maior ênfase no setor do estado,

reduzindo o défice e por último, aumentar a competitividade da economia através da redução de consumos e custos associados (Conselho de Ministros, 2013).

Desde a década de 70 e fruto dos alertas das crises petrolíferas, foram desencadeadas apostas económicas para um uso racional de energia e para a adoção de novas formas de uso de fontes de energia alternativas, como a nuclear, o carvão, o gás natural e a energia hídrica. Este problema agrava-se partindo do ponto em que Portugal não é produtor de petróleo, carvão e gás natural (Martins, 2012). Nos nossos dias, as ditas energias de origem renovável são: energia solar, eólica, hídrica, geotérmica, marés e ondas.

Tendo em consideração as necessidades europeias e nacionais é uma opção a redução da dependência do exterior e de desenvolvimento sustentável. É importante, promover a valorização dos recursos energéticos nacionais disponíveis. Metade do perímetro de Portugal faz fronteira com o oceano Atlântico, com a particularidade da existência de pontos de ligação à rede junto à costa (Center, 2004).

No momento atual existe uma grande aposta na eficiência energética, que consiste em manter o mesmo nível de conforto baixando o consumo energético, tornando assim a instalação mais eficiente e por consequente reduzir emissões dos GEE e dependência do petróleo. Para aumentar a eficiência torna-se necessário efetuar as auditorias energéticas aos equipamentos/instalações energéticas e propor alterações de variáveis nas mesmas (ISO, 2011).

1.2. A energia e os edifícios panorama Europeu

Com suporte nos valores da Base de Dados de Portugal Contemporâneo (PORDATA) foi criada a Tabela 61 (anexo I) e Gráfico 1, que apresentam os dados dos 27 países membros da união Europeia, por setor de atividade no ano de 2012 (PORDATA, 2012). Os setores considerados foram os seguintes: indústria, transportes, doméstico, pescas, agriculturas e serviços. No conjunto dos 27 países, temos um consumo nos serviços de 13,46%, nos transportes o consumo é de 31,81%, na pesca 0,09%, na agricultura um consumo de 2,14%, na indústria 25,62% e no setor doméstico 26,16%. No setor dos serviços apenas existem 4 países com consumo superior aos 15%, são eles Alemanha, Hungria, Letónia e Holanda. Os

países com consumo inferior a 10% no setor dos serviços são 4, Áustria, Eslovénia, Finlândia e Roménia. Os restantes países encontram-se entre os 10% e os 15%.

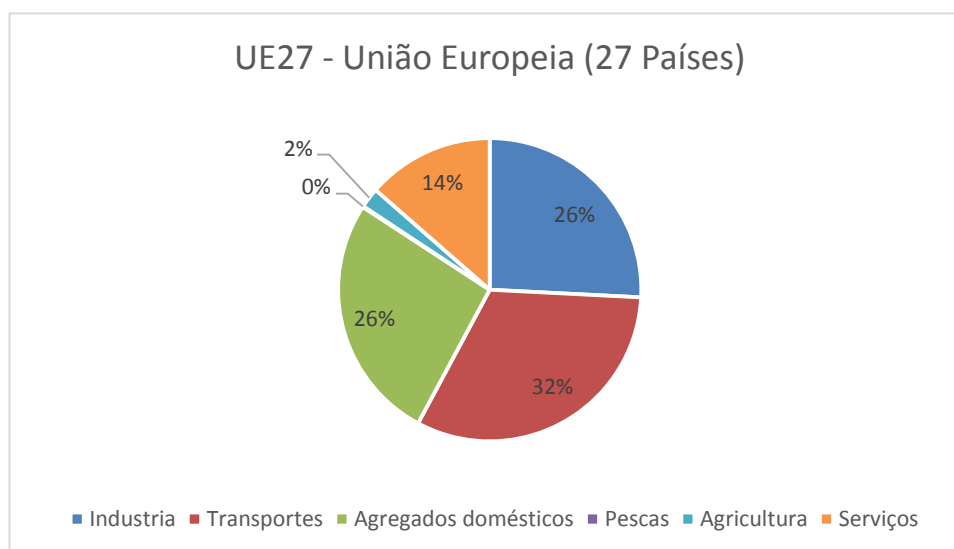


Gráfico 1 - Consumo de energia final por setor de atividade na Europa dos 27 países em 2012.

1.3. A diretiva comunitária e a legislação nacional

Criado em 1997, o protocolo de Quioto apenas entra em vigor em fevereiro de 2005 e o seu principal objetivo passa por reduzir os níveis de gases de efeito de estufa (Conselho da União Europeia, 2002).

Ao abrigo do Protocolo de Quioto, vários países a nível mundial assumiram compromissos para limitar o aumento das suas emissões de gases de efeito de Estufa (GEE). Neste âmbito, a União Europeia adotou em 2008, três metas que devem ser alcançadas até 2020: redução de emissões de GEE de 20 % face a 1990, garantia de uma quota global de energia proveniente de fontes de energia renovável no consumo final bruto de energia de 20% e melhoria de 20 % na eficiência energética (Presidência do Conselho de Ministros, 2010).

A regulamentação a nível do sistema de certificação energética dos edifícios (SCE), sofreu várias atualizações no período 1990-2013. Em 1990 surgiu o decreto-lei 40/90 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). No ano de 1998 surgiu o decreto-lei Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Em 2002 surgiu a primeira diretiva europeia neste âmbito a Diretiva 2002/91/CE, Desempenho Energético dos Edifícios EPBD. Foi criado um novo pacote legislativo que

transpôs a EPBD, Decreto-Lei 78/2006 Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), Decreto-Lei 79/2006 Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e o Decreto-Lei 80/2006 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). A revisão da EPBD foi efetuada na Diretiva 2010/31/EU esta diretiva deu origem ao Decreto-Lei 118/2013, Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) (Fragoso, 2013).

Com a resolução do Conselho de Ministros n.º93/2010, dá-se início à criação de instrumentos importantes no âmbito das políticas de combate às alterações climáticas: o Roteiro Nacional de Baixo Carbono 2020 (RNBC 2020) e o Programa Nacional para as Alterações Climáticas para o período 2013-2020 (PNAC 2020). Estes instrumentos tornam-se necessários para garantir o cumprimento das obrigações de Portugal no âmbito da União Europeia, do protocolo de Quioto, da Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre alterações climáticas e das negociações em curso sobre o regime climático pós 2012, tendo como objetivos: redução de emissões de GEE, aumento do recurso a fontes de Energias Renováveis e promoção da eficiência energética.

Em 19 de maio de 2010, a UE aprovou a diretiva que regula o desempenho energético dos edifícios, diretiva 2010/31/UE (EPBD), que é o principal instrumento legislativo para reduzir o consumo energético dos edifícios(União Europeia, 2010). Esta diretiva foi transposta para o ordenamento jurídico nacional através do Decreto-Lei n.º 118/2013, tendo assegurado a revisão da legislação existente e visando assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), do qual fazem parte o Regulamento de Desempenho Energético dos edifícios de Habitação (REH), e o regulamento de Desempenho Energético dos edifícios de Comercio e Serviços (RECS) (SCE, REH, & RECS, 2013).

Nos termos da diretiva 2010/31/UE, os Estados-Membros devem estabelecer e aplicar requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios novos e existentes. Assegurar a certificação de construção de desempenho energético. Exigir a inspeção regular de caldeiras e sistemas de ar condicionado nos edifícios. Além disso, a diretiva exige que os Estados-

Membros possam garantir que até 2021, todos os novos edifícios se tornem "edifícios com necessidades quase nulas de energia" (União Europeia, 2010).

No caso do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), implicou a definição de novos requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior. Este regulamento assenta em quatro pontos-chave: o comportamento térmico, a eficiência dos sistemas técnicos, a qualidade do ar interior e por último a instalação, condução e a manutenção de sistemas técnicos. Para além disso, são ainda definidos requisitos específicos para edifícios novos, edifícios sujeitos a grandes intervenções e edifícios existentes (SCE et al., 2013). O edifício alvo de auditoria energética no projeto em curso (edifício da ESTG) enquadra-se no âmbito dos edifícios existentes.

1.4. Auditorias energéticas a edifício de serviços à luz do RECS

O RECS assenta em quatro pontos-chave: o comportamento térmico, a eficiência dos sistemas técnicos, a qualidade do ar interior e por último a instalação, condução e a manutenção de sistemas técnicos.

Os edifícios de comércio e serviços não estão sujeitos a requisitos de comportamento térmico, exceto no caso em que ocorram grandes intervenções na instalação existente. No edifício em estudo desde a sua construção não foi efetuada nenhuma alteração quer na fachada opaca quer nos vãos envidraçados.

O mesmo acontece com a eficiência dos sistemas técnicos, no entanto o desempenho energético deve ser avaliado periodicamente com vista à identificação da necessidade e das oportunidades de redução dos respetivos consumos específicos de energia. A avaliação periódica aos grandes edifícios de comércio e serviços (GES) deve ser efetuada de 6 em 6 anos, sendo a correção e tempestividade da avaliação comprovada pela emissão do respetivo certificado emitido pelo SCE e pela elaboração de um relatório de avaliação energética, acompanhado de elementos comprovativos que suportem a análise, bem como de toda a informação que justifique as opções tomadas, devendo essa informação permanecer disponível, de preferência em formato eletrónico, por um período mínimo de seis anos. No edifício em estudo não existem registos de auditorias efetuadas desde a sua construção.

De acordo com o artigo 48.º do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, os edifícios existentes de comércio e serviços, ficam sujeitos ao cumprimento dos limiares de proteção e condições de referência dos poluentes. São definidos os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, em função da ocupação, das características do próprio edifício e dos seus sistemas de climatização, não esquecendo os limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior, a fiscalização é efetuada pelo IGAMAOT tendo em conta as condições de referencia supracitadas. No edifício da ESTG deveria ser efetuada uma análise do ar interior de modo a garantir a qualidade do mesmo.

O último ponto diz respeito á instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos, que para tal devem possuir um plano de manutenção atualizado que inclua as tarefas de manutenção a realizar, tendo em consideração as disposições a definir para o efeito pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), bem como a boa prática da atividade de manutenção, as instruções dos fabricantes e a regulamentação aplicável para cada tipo de equipamento da instalação. Uma manutenção assertiva permite efetuar redução de consumos e conhecer melhor o sistema instalado de modo a permitir melhorias constantes (SCE et al., 2013).

2. GESTÃO DA ENERGIA NOS EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS

2.1. Auditorias Energéticas

Uma auditoria energética consiste numa análise de todas as variáveis relacionadas com o uso da energia, através da caracterização e quantificação dos diversos fluxos energéticos existentes no edifício em estudo e dos equipamentos existentes. Com a análise supracitada é possível conhecer a forma de como a energia é utilizada, qual a eficiência dos equipamentos, e onde se verificam desperdícios de energia. No estudo da auditoria indicam-se soluções para as irregularidades detetadas e a identificação das medidas com viabilidade técnico-económica possíveis de implementar, de modo a aumentar a eficiência energética e ou a reduzir a fatura energética associada às atividades da instalação em questão (ADENE, 2004). O aumento da eficiência promove uma redução das emissões de dióxido de carbono, CO₂, sendo imprescindível assegurar o nível idílico de conforto.

2.2. Consumos Energéticos em Portugal

Com suporte nos valores da Base de Dados de Portugal Contemporâneo (PORDATA) foi criada a Tabela 61 (anexo I) e Gráfico 2, que apresentam os dados de consumo energético em Portugal, por setor de atividade no ano de 2012 (PORDATA, 2012)

Neste subcapítulo é apresentada uma comparação entre Portugal e a União Europeia no que respeita os consumos de energia final por setor de atividade. Os setores considerados foram: indústria, transportes, doméstico, pescas, agriculturas e serviços. No conjunto dos 27 países, temos um consumo nos serviços de 13,46%, nos transportes existe um consumo de 31,81%, na pesca 0,09%, na agricultura 2,14%, na indústria 25,62% e no setor doméstico 26,16%. Para Portugal, temos um consumo nos serviços de 11,23%, nos transportes 39,84%, na pesca 0,56%, na agricultura 2,12%, na indústria 29,33% e no setor doméstico 16,80%. Portugal apresenta um consumo muito semelhante ao da União Europeia dos 27 países, no setor de serviços, Portugal têm menos 3 pontos percentuais que transitaram para o setor da indústria. O setor doméstico perdeu 8 pontos percentuais para o setor dos transportes.

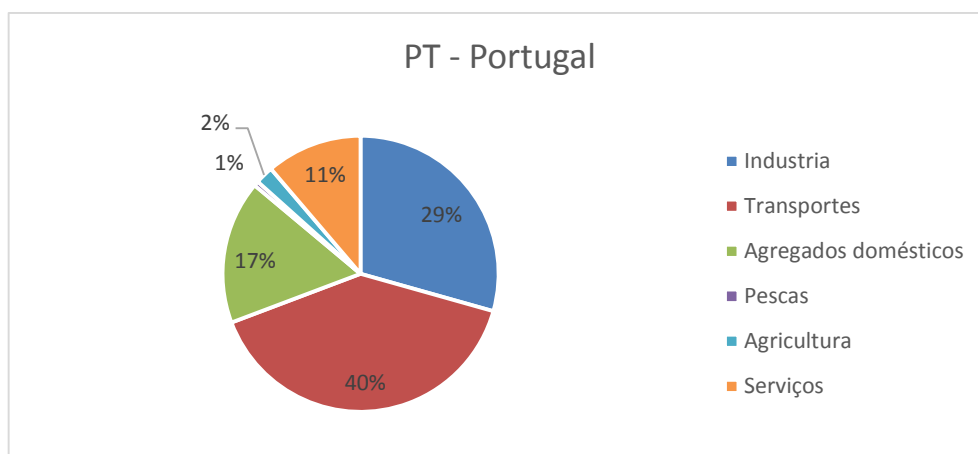


Gráfico 2 - Consumo de energia final por setor de atividade no ano de 2012 para Portugal.

2.3. Caso de Estudo – Edifício da ESTG

A Escola Superior de Tecnologia e Gestão é uma das unidades orgânicas do Instituto Politécnico de Viana do Castelo.



Figura 1 - Campus ESTG com vista aérea.

O campus da ESTG tem uma área bruta total de 19.719 m², esta área encontra-se dividida por 6 edifícios/zonas:

Edifício Principal – Este edifício é composto por uma área útil de 12417 m², dividido por 4 pisos que passo a descrever:

Piso -1 – Este piso é constituído por laboratórios.

Piso 0 – Neste piso encontram-se os serviços académicos, administrativos, reprografia, segurança, bar, cantina e espaços letivos tais como salas de aula, auditórios, laboratórios na área de química e materiais e gabinetes.

Piso 1 – Neste piso estão localizados os serviços de informática, o Laboratório de Microbiologia, laboratórios principalmente da área alimentar, salas de aula e gabinetes.

Piso 2 – No último piso, temos a direção, salas de aula, laboratórios principalmente de informática e eletrónica e gabinetes.

Quanto à sua caracterização numa perspetiva técnica as principais soluções construtivas são as seguintes:

- Paredes exteriores em estrutura de betão pré-fabricado e moldado “IN SITU”, com parede interna em alvenaria de tijolo furado encerrando caixa-de-ar.

- Coberturas em laje de betão armado com proteção térmica de aglomerado de cortiça, revestida a placas de fibrocimento, com pequenas áreas revestidas com tela asfáltica de acabamento mineral.

- O pavimento em mosaico cerâmico monomassa, com algumas divisões forradas a alcatifa, recentemente alteradas para linóleo.

- Vãos envidraçados em caixilharia de alumínio constituída por elementos fixos e de correr, com as entradas principais equipadas com guarda-vento. Nas janelas do edifício temos alumínio com rotura térmica e vidro duplo, protegidas com palas de sombreamento para evitar sobreaquecimento no Verão.



Figura 2 – Edifício Principal da ESTG.

Bloco Oficial – É um edifício independente que complementa e dá apoio ao edifício principal e constituído por uma área útil de 1427 m². Este edifício encontra-se dividido em dois pisos. No seu inferior encontra-se a garagem do parque automóvel em conjunto com a central de biomassa para a AQS gasta na cozinha, temos uma pequena divisória com uma caldeira a gás para aquecimento ambiente do piso inferior, uma oficina de pintura, uma oficina de carpintaria com máquinas industriais e, por último, uma sala de máquinas onde se encontram os tanques com reserva de água da companhia e o respetivo sistema de bombagem dessa mesma água e do sistema de incêndio. No piso superior temos dois gabinetes, 4 salas/laboratórios de aula usados maioritariamente por alunos de Design e por último temos um laboratório de Engenharia Civil onde são efetuados testes de esforço de betão armado e de ferro.



Figura 3 - Bloco Oficial.

Casa das máquinas – é um edifício relativamente pequeno com uma área útil de 200 m². Este edifício tem 3 divisórias: na primeira divisória encontra-se o posto de transformação, constituído por 2 transformadores, 2 quadros gerais e 1 barramento de média tensão, aqui a tensão chega em média e é transformada para baixa; existe uma divisória onde se encontra um gerador, que suporta alguns circuitos específicos no caso de corte/falha de energia e um quadro geral para a iluminação exterior. Por último a maior divisória é onde se encontra todo o sistema de aquecimento (caldeiras e bombas que efetua a circulação e bombagem da água quente) ambiente e AQS, o sistema de ar-comprimado (compressor + secador + depósito) e o sistema de rega.



Figura 4 - Casa das máquinas.

Biblioteca – É um edifício relativamente novo, a sua construção terminou em 2001 e tem uma área útil de 2618 m². Este edifício tem 4 pisos, o -1 é utilizado para arquivo de documentação da instituição, no piso 0 encontramos a sala de leitura, receção e gabinetes, no segundo piso temos gabinetes, salas de estudo e laboratórios e no último piso temos salas /laboratórios. De realçar que no piso 0 para o exterior encontram-se duas divisórias 1 onde se encontra o posto de transformação e quadro de distribuição e na outra divisória temos uma unidade de tratamento de ar com a caldeira inerente, bombas de circulação e o sistema de rega para a envolvente daquele edifício.



Figura 5 - Biblioteca Barbosa Romero.

Campo de Jogos – Situados na zona norte dos edifícios da ESTG e com uma área 2811 m², os campos são constituídos por um piso em betuminoso sintético e estão vedados por uma estrutura de rede zincada. Existem dois campos que tem marcação para ser usados como campos de futebol 5, ténis e basquetebol.



Figura 6 - Campo de Jogos.

Balneários – São umas instalações de 246 m² que prestam apoio ao campo de jogos, é uma estrutura em betão armado com divisões em tijolo está dividido em 4: zona feminina, zona masculina, uma pequena divisória normalmente usada por árbitros e uma casa de máquinas onde se encontram as caldeiras de aquecimento ambiente e AQS, quadro geral e sistema de rega.



Figura 7 - Balneário que serve de apoio ao campo de jogos.

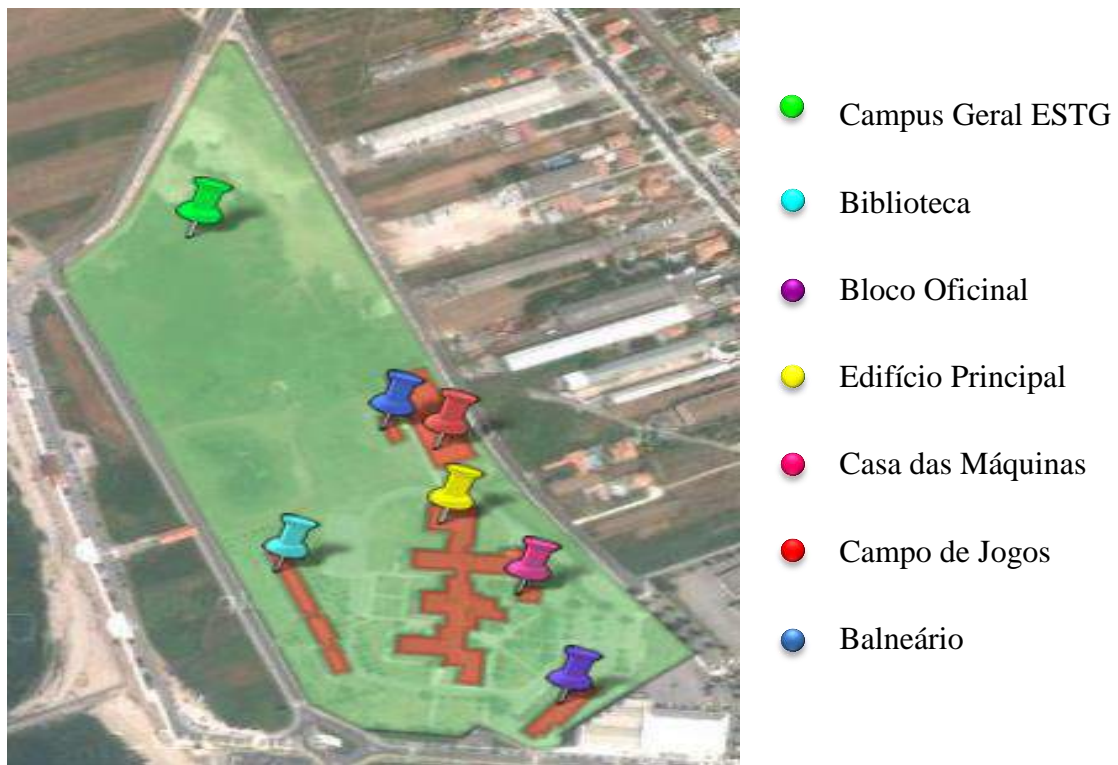


Figura 8 - Disposição Campus ESTG.

Como podemos visualizar o campus da ESTG está dividido em 6 edifícios, mas para análise de dados apenas vão ser considerados 3 edifícios, isto porque dos restantes edifícios a biblioteca tem a parte elétrica independente e o campo de jogos em conjunto com os balneários tem uma utilização quase nula. Ao longo deste projeto iremos invocar o edifício da biblioteca já que o mesmo consome gás natural que é comum a todos e aonde não existem contadores parciais. Os três edifícios em estudo são os edifícios iniciais do 1º projeto e onde a sua construção supera os 20 anos.



Figura 9 - Edifícios do campus da ESTG em análise.

2.4. Caso de Estudo - Áreas Técnicas

É no edifício da casa das máquinas onde se encontram a parte mais importante das áreas técnicas. Neste edifício existe o posto de transformação e respetivo quadro de distribuição, o gerador que dá apoio a áreas específicas tais como o elevador, as arcas da cantina e as arcas do laboratório de Unidade de Microbiologia Aplicada e a central térmica constituída por caldeiras a gás natural para efetuar o aquecimento ambiente e AQS.

2.4.1. Posto de Transformação

O posto de transformação recebe a energia elétrica em média tensão e transforma-a em baixa tensão. Posteriormente efetua a distribuição da energia pelos vários edifícios. Uma das suas principais funções é também o controlo do *cosphi* (Energia Reativa).



Figura 10 - Posto de transformação.

Na Figura 10 encontra-se representado o quadro de distribuição, a bateria de condensadores e o jogo de facas de distribuição.



Figura 11 – Rede do posto de transformação.

Na Figura 11 pode-se visualizar uma rede, a mesma efetua a separação entre o PT e a área restrita da EDP onde chega a média tensão.



Figura 12 - Transformador.

Na Figura 12 está representado o transformador, que se encontra dentro de uma estrutura metálica de proteção. A chave está encravada no distribuidor da tensão (faca de corte) que só desencrava se as ligações desse transformador estiverem ligadas à terra.

2.4.1.1. Bateria de condensadores

De acordo com o representado nas Figuras 13 e 14, a bateria de condensadores é um sistema de compensação do fator de potência. Este sistema utiliza um conjunto de condensadores num total de $2000\mu\text{F}$ - 100Kvar (10 condensadores de $3 \times 68,5\mu\text{F}$ que equivalem 10,5 Kvar). Neste sistema, a parte dos condensadores utiliza um controlador, contactores, fusíveis e por último o sistema de análise de corrente, designados por TI's (transformadores de intensidade).



Figura 13 - Controlador da bateria de condensadores



Figura 14 – Interior da bateria de condensadores.

2.4.1.2. Transformadores

A ESTG dispõe de 2 transformadores de 400KVA cada um, o que equivale a um total de potência instalada de 800KVA, conforme pode ser visualizado na Figura 15. Estes transformadores trifásicos têm os enrolamentos imersos em óleo mineral isolante, encontram-se ligados em paralelo permitindo um *backup* imediato. Este sistema de ligações permite o uso simultâneo de ambos, tem a vantagem de assegurar toda a instalação se algum transformador falhar ou estiver em manutenção, toda a instalação é assegurada.



Figura 15 - Os dois transformadores da ESTG.

2.4.1.3. Quadro de distribuição

A Figura 16 representa o quadro de distribuição da ESTG e todos os edifícios são abastecidos através deste ponto.



Figura 16 - Quadro de distribuição do Posto de Transformação da ESTG.

2.4.1.4. Gerador

As Figuras 17 e 18 representam o quadro de controlo do sistema de emergência e o gerador.



Figura 17 - Quadro de controlo do sistema de emergência



Figura 18 - Gerador.

O gerador é utilizado em caso de falha do abastecimento de energia elétrica. Este gerador devido á sua potência, apenas cobre alguns pontos de consumo da ESTG. Os pontos alimentados pelo gerador são: elevador, arcas frigoríficas no laboratório da UMA e arcas frigoríficas na cozinha.

2.4.2. Central térmica a gás natural

2.4.2.1. Caldeiras



Figura 19 - As três caldeiras da central térmica a gás natural

- Ambas as caldeiras são da marca Uncial contudo os queimadores são da marca Lamborghini.

- A caldeira pequena tem uma potência de 34,8 – 79,5 kW efetua aquecimento de águas quentes sanitárias no verão, exceto na cozinha que é produzida pela central térmica de biomassa caracterizada mais abaixo.
- As duas caldeiras grandes só trabalham no inverno, efetuam o aquecimento ambiente e o aquecimento de águas quentes sanitárias, utilizam dois ciclos de funcionamento: Arranque e outro de continuação com uma potência de 447- 845 kW.



Figura 20 - Queimador de uma das caldeiras.

2.4.2.2. Sistema de bombagem



Figura 21 - Sistema de bombagem para aquecimento ambiente.

- As bombas de maior porte da Figura 21 efetuam a bombagem da água quente para o edifício principal.
- As bombas de menor porte da Figura 21 aproveitando o funcionamento das caldeiras grandes, fazem a circulação da água quente para proceder ao aquecimento das águas quentes sanitárias.

- O aquecimento da água do depósito é efetuado pelas caldeiras grandes no Inverno e no Verão pela caldeira pequena.
- As bombas da Figura 22 fazem a bombagem da água quente para o edifício principal e fazem o retorno da mesma garantindo sempre a saída da torneira água quente.
- Ambas as bombas têm sistemas de *backup* caso seja necessário efetuar alguma intervenção, não ficando o sistema off-line



Figura 22 - Sistema de bombagem e reservatório de água quente sanitária.

2.4.3. Central térmica de biomassa e solar térmico

A central térmica de biomassa e solar térmico está localizada no edifício das oficinas. Esta central foi construída com o objetivo de satisfazer as necessidades térmicas de produção e AQS para a Cantina da ESTG e à data já se encontra em estudo o uso deste sistema para efetuar o aquecimento ambiente do edifício do bloco oficial.

Esta central é constituída por duas caldeiras com uma potência de 48kW e com um rendimento de 91%, 10 coletores solares, 3 depósitos de água sendo que dois são 2000 litros e um de 1000 litros, dois silos de 4 toneladas e 700 litros e um sistema de comando e monitorização.

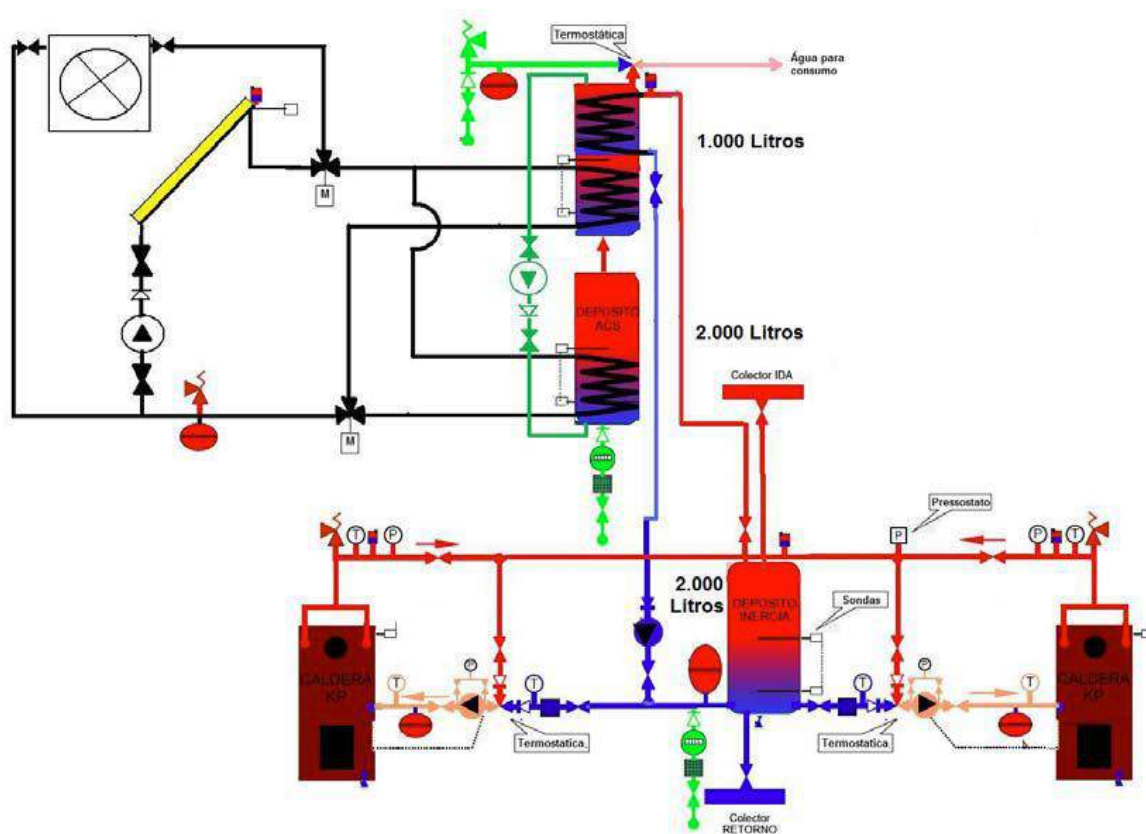


Figura 23 - Esquema de princípio da central térmica. (fonte: Relatório implementação unidade piloto AQS ESTG)

De acordo com as necessidades para aquecimento, as caldeiras (Figura 24) trabalham alternadamente ou ao mesmo tempo, dando sempre prioridade aos painéis solares térmicos.



Figura 24 - Caldeiras de pellets.

Os coletores têm ligação para dois depósitos, o de consumo e o de pré-aquecimento, de realçar que os painéis dão prioridade ao depósito de consumo. Se não forem necessários passam para o depósito de pré-aquecimento. Esta seleção é efetuada pelo sistema de controlo que reporta as ações a efetuar às válvulas de 3 vias instaladas no circuito dos painéis solares térmicos.

Cada um dos depósitos, têm uma função específica: o de 1000 litros é o depósito de abastecimento da cantina. Deste sai diretamente a água quente para consumo e neste depósito existem duas serpentinas: uma surge diretamente dos painéis solares e outra vêm do depósito de inércia. Um dos depósitos de 2000 litros tem a função de fazer o pré-aquecimento da água da rede. Neste sistema também estão colocados os painéis solares térmicos. Por último, o terceiro depósito com capacidade para 2000 litros é utilizado como depósito de inércia, recebe o abastecimento da água quente que chega diretamente das caldeiras e têm a função de aquecer a água do depósito de consumo.

Os silos de armazenamento de pellets representados na Figura 25 estão interligados, o silo de 700 litros alimenta diretamente as caldeiras e pode ser abastecido manualmente com sacos de pellets ou de uma forma automática através do silo de 4 toneladas utilizando para o efeito

sistemas pneumáticos e motor sem fim, o silo de 4 toneladas apenas pode ser abastecido com camião de enchimento pneumático.



Figura 25 - Silos de armazenamento de pellets.

O sistema de controlo e monitorização representado na Figura 26 garante o bom funcionamento de todo o sistema, em função dos parâmetros colocados e recebidos pelo sistema, tais como: contadores de entalpia, sensores, *enconders* e válvula de três vias como atuadores, garantido assim um controlo instantâneo através dos contadores energéticos. Os controladores energéticos são: contador de energia do sistema solar térmico, contador de energia de consumo de biomassa e contador de energia elétrica consumida entre outros (Alves, 2010).



Figura 26 - Sistema de Controlo.

2.4.4. Sistema de ar-comprimido

O ar comprimido é uma forma de energia fácil de armazenar, transportar e até de consumir. É utilizado nas mais variadas tarefas na ESTG, tais como alguns equipamentos dos laboratórios, na carpintaria e na limpeza de equipamentos. É também uma forma de energia cara de converter, dado que, tipicamente, apenas cerca de 4% da energia elétrica gasta nessa conversão é energia associada ao ar comprimido (Sá, 2009).

Na ESTG existem duas centrais de ar comprimido, uma abastece o edifício principal e a central térmica a gás, a outra central abastece o edifício do bloco oficial, ambas as instalações, são constituídas por um compressor, um depósito e um secador de ar, válvulas e a respetiva rede de condutas. Nas Figuras 27 e 28, podem ser visualizadas imagens dos equipamentos instalados.



Figura 27 - Sistema de ar-comprimido do edifício principal (compressor e depósito + secador)



Figura 28 - Sistema de ar-comprimido do bloco oficial.

2.4.5. Iluminação

Os vários tipos de lâmpadas apresentam diferentes rendimentos ou eficiências luminosas, que se traduz na relação entre a quantidade de luz emitida e a quantidade de energia elétrica absorvida, sendo o seu valor expresso em lumens por Watt (lm/W).

A nível da iluminação, o potencial de poupança é enorme, e pode atingir valores de poupança até cerca de 50% da energia atualmente utilizada para este fim, no entanto requer um investimento. Esta solução técnico-económica está transcrita num dos itens do Capítulo 5 deste trabalho.

Na avaliação das soluções de iluminação, a potência instalada é um fator determinante, uma vez que quanto menor for a potência necessária para atingir o resultado (nível de iluminação (lux)) desejado, mais eficiente serão as soluções de iluminação. Este valor é frequentemente expresso em $W/m^2/100$ lux.

A eficiência de uma luminária é determinada pelo refletor, difusor, lâmpada e balastro.

No que diz respeito à caracterização da iluminação existente, efetuou-se um levantamento exaustivo no interior e exterior das instalações, de forma a identificar todos os tipos de lâmpadas e respetivas potências.

Na Figura 29 apresentam-se exemplos de lâmpadas que fazem parte das instalações.



Figura 29 - Vários tipos de lâmpadas fluorescentes, incandescente e iodetos metálicos.

O tipo de luminárias existente depende do local onde se encontram instaladas. As luminárias do tipo linear são utilizadas nas salas e laboratórios. As luminárias de encastrar são utilizadas nos gabinetes e corredores. Existem também luminárias equipadas com lâmpadas de descarga que são utilizadas na iluminação exterior.

Devido à grande diversidade de circuitos de iluminação existentes, não foi possível efetuar uma análise pormenorizada, no entanto foram efetuadas algumas medições instantâneas com recurso a pinça amperimétrica. Essas medições vão ajudar no estudo técnico-económico das medidas de reforço da eficiência energética apresentado no capítulo 5. Os tipos de lâmpadas indicados nas Tabelas 1 a 3 vão ajudar a fazer um balanço da potência instalada neste ponto.

Tabela 1 – Distribuição do número de lâmpadas por vários tipos de áreas.

Tipo de lâmpadas	Salas	Gabinetes	Lab.	Corredor/WC/exterior	Lâmpadas	Potência
Fluorescentes 36W	610	330	667	292	1899	68364
Fluorescentes 58W	132		56		188	10904
Fluorescentes 18W				25	25	450
Incandescente 40W				52	52	2080
Incandescente 100W	70				70	7000
Fluores compacta 18W	50				50	900
Fluores compacta 28W		6		21	27	756
Iodetos 50W				44	44	2200
Iodetos 100W				51	51	5100
Iodetos 1000W				2	2	2000
Total	862	336	723	487	2408	99754

Tabela 2 – Distribuição de lâmpadas por edifícios e pisos.

Piso	Salas	Gabinetes	Laboratórios	Corredores e WC's	Total W
Principal 0	21572	3024	10438	7234	42268
Principal 1	7560	4616	5476	3136	20788
Principal 2	3024	4240	6380	2054	15698
Exterior				9300	9300
Bloco oficial 0			2472		2472
Bloco oficial 1	4640	168	2494	1206	8508
Casa das máquinas	720				720
Total	37516	12048	27260	22930	99754

Tabela 3 – Consumo total por tipo de lâmpada.

Lâmpada	Quantidade	Potência (W)
Fluorescente tubular	2112	79718
Fluorescente compacta	77	1656
Incandescente	122	9080
Iodetos metálicos	97	9300
Total	2408	99754

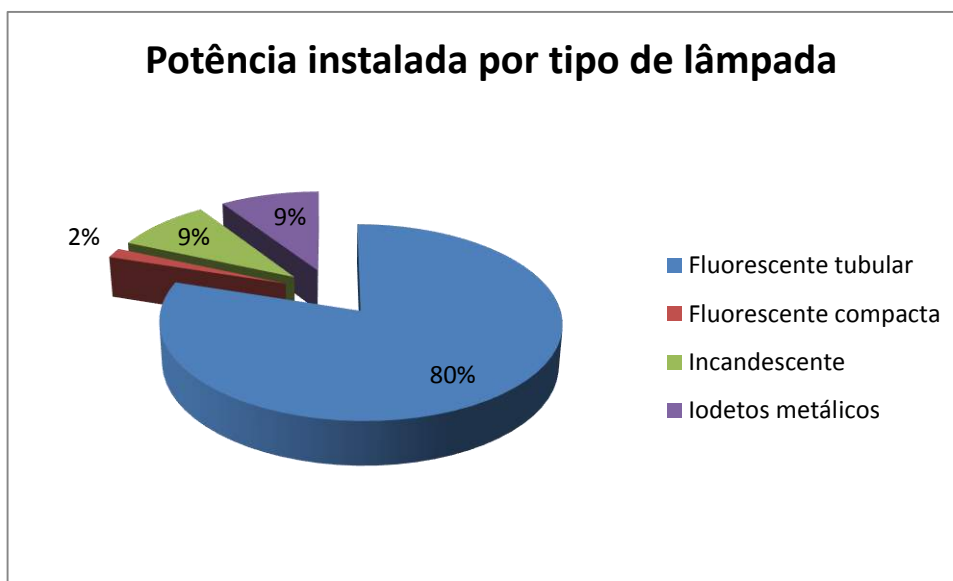


Gráfico 3 - Potência instalada por tipo de lâmpada nos edifícios em estudo.

De acordo com o levantamento pormenorizado da iluminação representado no Gráfico 3, verificou-se que são utilizados vários tipos de lâmpadas, sendo que as fluorescentes tubulares representam 80% da potência instalada, enquanto as lâmpadas de descarga e incandescentes representam 9% cada, ficando as fluorescentes compactas com apenas 2%.

2.4.6. Tomadas elétricas

Os equipamentos ligados em tomadas elétricas são variados, na maioria dos gabinetes temos computadores e telefones voip com transformador, nos restantes compartimentos e laboratórios temos computadores, impressoras, máquinas de vending e os mais variados equipamentos de laboratórios.

2.4.7. Sistema de aquecimento ambiente

O sistema de aquecimento ambiente da ESTG, têm a função de proceder ao aquecimento das diversas divisões de todo o edifício, com exceção dos quartos de banho e armazéns. Este sistema está dividido em 3 partes: fonte de calor, unidades de regulação e controlo e um sistema de distribuição e emissão de calor.

O calor é produzido na central térmica de gás natural (caraterizada no subcapítulo 2.4.2). Na central supracitada estão colocados uns controladores que ligam/desligam as caldeiras e o sistema de bombagem, de acordo com a informação da temperatura que recebe do sensor instalado no edifício principal. O sistema de distribuição e emissão de calor é composto por: tubagens, bombas e radiadores.

As tubagens circulam por todo o edifício sem isolamento, a transferência de calor realizada é aproveitada para efetuar o aquecimento dessa área neste caso os corredores, essas tubagens fazem a distribuição da água quente produzida na caldeira até aos radiadores, a secção depende da quantidade de radiadores a abastecer. Os radiadores são elementos de distribuição e emissão do calor, responsáveis pela troca de calor entre a água quente neles contida e o ar da divisão a aquecer. Os radiadores foram colocados em salas de aula e gabinetes e o seu tamanho depende da área que tem para aquecer. Estes radiadores estão equipados com válvulas manuais para regulação de caudal, os mesmos encontram-se instalados na parte inferior das paredes permitindo uma correta difusão de calor. Nos auditórios, cantina e bar o aquecimento é efetuado por insuflação de ar quente, que consiste em passar ar por uma bateria onde tem a circulação da água quente do sistema supracitado.

Após uma análise criteriosa foram retiradas algumas ilações: é um sistema com mais de 25 anos e torna-se pouco eficiente nos dias de hoje; ao existir um único sensor de temperatura para todo o edifício, acontece que por vezes várias zonas estão com excedente de temperatura e outras com défice; o controlador não se encontrava em funcionamento; existem muitas transferências de calor com o exterior através de janelas e portas.

3. CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO CASO DE ESTUDO

3.1. Enquadramento dos consumos para edifícios do estado

Neste Subcapítulo será estudada a evolução do Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), consumo de energia elétrica focado no setor dos serviços no período de 2010 a 2012 (dados PORDATA) e por último o comportamento do consumo de energia elétrica na ESTG durante os anos de 2010 a 2012.

Portugal ao abrigo do protocolo de Quioto, assumiu o compromisso de limitar o aumento das suas emissões de gases de efeito de estufa (GEE) em 27% no período de 2008-2012 relativamente aos valores de 1990. Neste contexto, o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), adotado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 119/2004, de 31 de Julho (PNAC 2004), e o PNAC de 2006, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto, quantifica o esforço nacional das emissões de GEE, integrando um vasto conjunto de políticas e medidas que incidem sobre todos os sectores de atividade. O PNAC atribui à Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) responsabilidades concretas na definição de mecanismos que promovam a eficiência energética ao nível da procura, tendo como objetivo principal a redução do consumo de energia elétrica até 2010, face a um cenário de referência.

É neste contexto que a ERSE lança em 2006 o programa PPEC, que tem como objetivo a promoção de medidas que visam melhorar a eficiência no consumo de energia elétrica. Desde 2006 têm vindo a ser implementadas diversas edições: PPEC 2007, PPEC 2008, PPEC 2009-2010, PPEC 2011-2012 e por último nos termos da Portaria n.º 26/2013, de 24 de janeiro, foram homologadas as medidas do PPEC 2013-2014. A listagem foi publicada em Diário da República, através do Despacho n.º 423/2014, de 9 de janeiro de 2014.

De acordo com os dados da PORDATA no que respeita ao consumo de energia elétrica do ano de 2010 a 2012 foram obtidos os valores em milhares de tep de acordo com a Tabela 4 e Gráficos 4 e 5.

Tabela 4 – Consumo de energia elétrica por setor consumidor em milhares de tep.

Ano	Total	Indústria	Transportes	Domésticos	Pescas	Agricultura	Serviços
2010	4289,6	1502	40,8	1248,7	5,2	83,1	1409,9
2011	4158,6	1458	34,7	1182,5	6,8	77,6	1399
2012	3976	1369,9	34,5	1109	7,1	79,2	1376,4

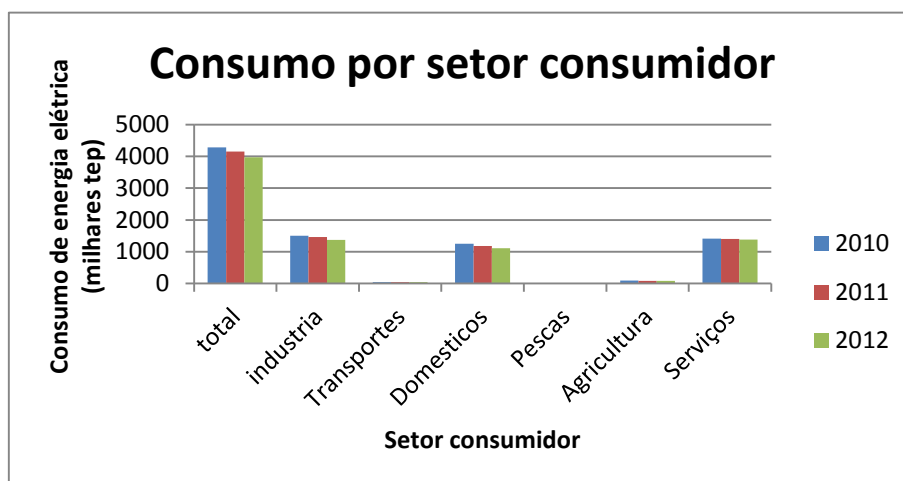


Gráfico 4 – Consumo de energia elétrica por setor consumidor nos anos de 2010 a 2012.

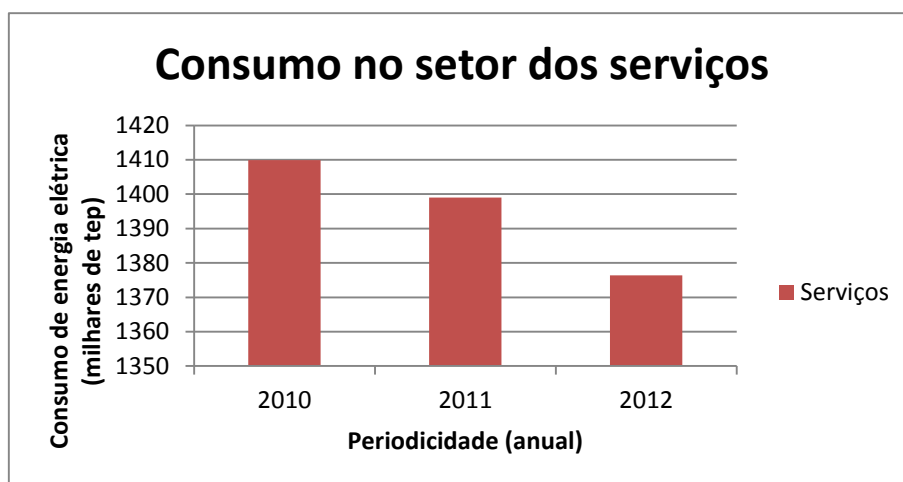


Gráfico 5 – Consumo de energia elétrica nos serviços de 2010 a 2012.

De acordo com a Tabela 4 e Gráfico 4 e 5, existiu uma redução de consumo geral em todos os setores consumidores de 2010 a 2012. No ano de 2010 o consumo nos serviços foi de 1409,9 milhares de tep, obtendo um valor de 1376,4 milhares de tep em 2012, o que corresponde a uma redução de 2,38%.

De acordo com os dados recolhidos das faturas elétricas no período de 2010 a 2012 foram obtidos os valores descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Consumo de energia elétrica na ESTG de 2010 a 2012.

Período de leitura (kWh)	Energia ativa (kWh)	Período de leitura (kWh)	Energia ativa (kWh)	Período de leitura (kWh)	Energia ativa (kWh)
Janeiro	72 017,00	Janeiro	75 016,00	Janeiro	68 374,00
Fevereiro	58 464,00	Fevereiro	59 762,00	Fevereiro	61 163,00
Março	65 357,00	Março	58 482,00	Março	60 629,00
Abril	62 119,00	Abril	52 376,00	Abril	50 513,00
Maio	61 391,00	Maio	60 729,00	Maio	54 548,00
Junho	57 853,00	Junho	54 900,00	Junho	49 900,00
Julho	51 924,00	Julho	49 330,00	Julho	42 035,00
Agosto	33 234,00	Agosto	31 429,00	Agosto	28 655,00
Setembro	46 256,00	Setembro	41 433,00	Setembro	41 948,00
Outubro	62 579,00	Outubro	54 546,00	Outubro	54 038,00
Novembro	66 275,00	Novembro	58 575,00	Novembro	61 290,00
Dezembro	65 803,00	Dezembro	60 902,00	Dezembro	52 849,00
Total	703 272,00		657 480,00		625 942,00

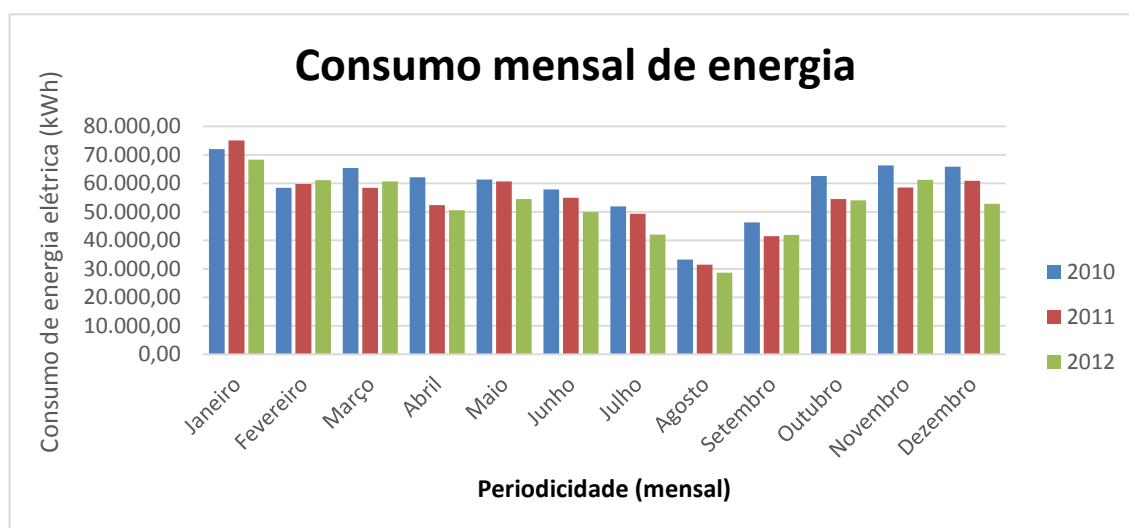


Gráfico 6 - Consumo mensal de energia elétrica na ESTG no período 2010 a 2012.

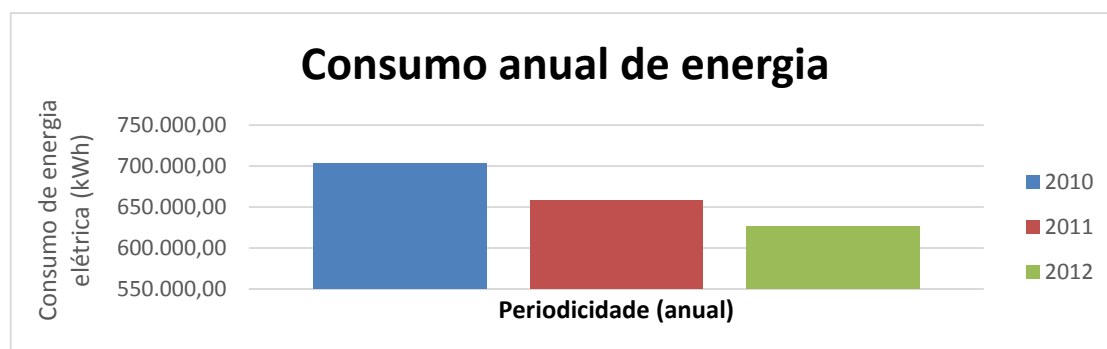


Gráfico 7 - Consumo anual de energia no período de 2010 a 2012

De acordo com os Gráficos 6 e 7 o consumo de Energia elétrica foi decrescendo ao longo do período 2010 a 2012, terminou o ano de 2010 com um consumo de 703 272 kWh e o ano de 2012 com um consumo de 625942 kWh. De 2010 para 2011 existiu uma redução de consumo de 6,51%, de 2011 para 2012 a redução foi de 4,80%, o que perfaz uma redução total entre 2010 a 2012 de 11%.

Na análise efetuada, a tendência no período de 2010 a 2012 é de redução no consumo de energia elétrica quer no setor serviços, quer na ESTG. Os fatores que influenciam esse decréscimo podem ser vários: as metas a atingir conformem protocolo de Quioto nas emissões de GEE, a crise económica e por último a sensibilização que os utilizadores dos edifícios estão a adquirir para um uso eficiente da energia.

3.2. Consumo anual de energia

Nas instalações da ESTG, edifício principal, casa das máquinas e bloco oficial o consumo de energia pode-se dividir em 3 parcelas: energia elétrica, gás natural e biomassa (pellets). Para a recolha de dados na execução da auditoria o ano de referência usado foi o ano de 2012. Na Tabela 6 estão representadas as várias formas de energias e respetivas conversões, energia primaria (tep) e energia final (GJ), emissões de dióxido de carbono, CO₂, associadas e o custo em €.

Tabela 6 – Quadro geral do consumo de energias na ESTG

Forma de Energia	KWh	Tep	GJ	TCO ₂	Custo €
Energia Elétrica	628667	135	2263	295	94 674,00 €
Gás natural	563266	43	1801	104	40 498,00 €
Pellets	49632	4,81	177	0	3 542,00 €
Total	1241565	182,81	4241	399	138 714,00 €

Conforme podemos visualizar nos Gráficos 8 a 12 o consumo anual de energia está representado em kWh, energia primária, energia final, emissões associadas e o custo. Em todos os Gráficos supracitados aparecem os três tipos de energia usados, eletricidade, gás natural e biomassa com a exceção do Gráfico 11 onde a biomassa é desprezável por ser de fonte renovável. Na análise efetuada a energia elétrica corresponde sempre a mais de 50% do consumo total.



Gráfico 8 -Consumo dos vários tipos de energia em kWh



Gráfico 9 – Consumo de energia primária em tep's para o período de referência de 2012.

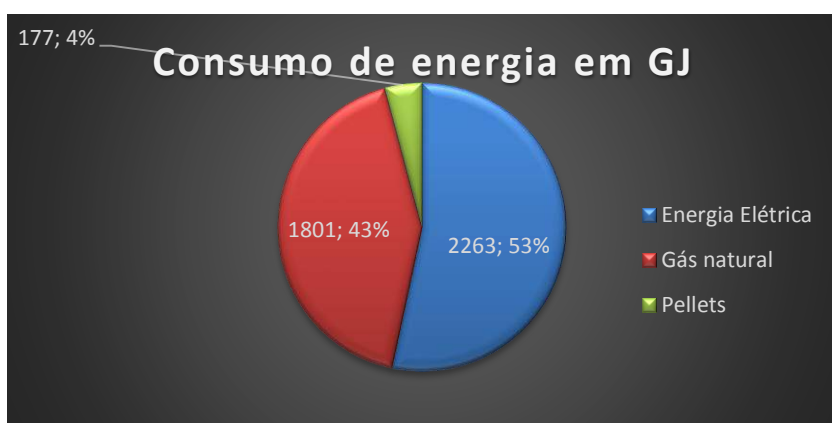


Gráfico 10 - Consumo de energia final em GJ's para o período de referência de 2012.

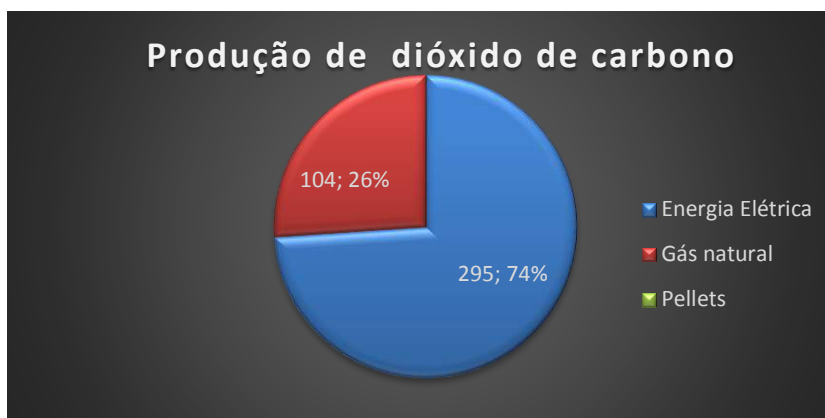


Gráfico 11 - Produção de dióxido de carbono, TCO₂, no período de referência 2012.

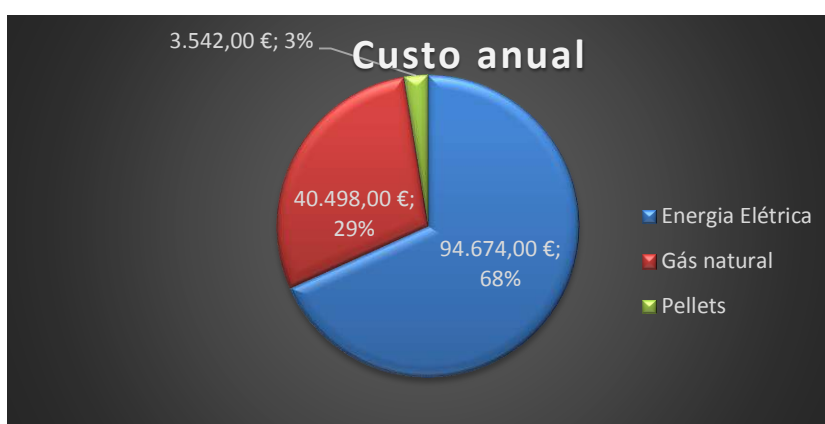


Gráfico 12 – Custo anual com os vários tipos de energia.

Os dados de consumo global que constam da Tabela 6 (quadro geral do consumo de energia), foram recolhidos com base nas faturas do ano de referência (2012). Posteriormente foram tratados com recurso às fórmulas de conversão associados aos tipos de energia respetivos, gás, eletricidade e pellets para as suas unidades equivalentes de medida.

3.3. Consumo anual de energia elétrica

A fatura elétrica nas auditorias energéticas é o principal elemento de análise, uma vez que com ela podemos estimar a diminuição dos custos o que permite um aumento de competitividade alocando a poupança em outras medidas para tornar a instalação mais eficiente.

Agora com a liberalização do mercado da energia é preciso efetuar a escolha de tarifário que traga mais vantagens à ESTG (visto não requerer investimento). Este processo pode ser feito

através de uma análise à fatura elétrica e por consequente desagregação dos consumos e informações dos vários preços aplicados por cada fornecedor.

Tabela 7 - Situação Contratual Edifício 2012

Situação Contratual Período de Referência (2012)	
Nível Tensão	MT - Média Tensão
Zona da Qualidade de Serviço	Eletricidade - A
Ciclo	Diário
Tarifa Contratada	MTM – Médias Utilizações Tetra-horária
Potência Instalada	800KW
Potência Contratada	372KW

As tarifas de venda a clientes finais de MT são compostas por um termo tarifário fixo e por preços de potência contratada, potência em horas de ponta, energia ativa e energia reativa (indutiva e capacitiva), como se pode visualizar na Tabela 7, a ESTG tem o tarifário contratado de média tensão com opção de médias utilizações, tarifa tetra-horária diária. A potência instalada é de 800KVA e a potência contratada é de 372 KW. O tipo de tarifário e utilizações tipo de MT para o ano de referência de 2012, foi legislado pela Diretiva n.º 7/2011 e esses valores são apresentados na Tabela 8.

	horário de Inverno	horário de Verão
ponta	das 09:30 às 11:30	das 10:30 às 12:30
	das 19:00 às 21:00	das 20:00 às 22:00
cheias	das 08:00 às 09:30	das 09:00 às 10:30
	das 11:30 às 19:00	das 12:30 às 20:00
	das 21:00 às 22:00	das 22:00 às 23:00
vazio normal	das 22:00 às 02:00	das 23:00 às 02:00
	das 06:00 às 08:00	das 06:00 às 09:00
supervazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00

Figura 30 - Horários inverno e verão para MT

Tabela 8 - Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT para 2012

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM MT			PREÇOS		
Termo tarifário fixo			(EUR/mês)	(EUR/dia)*	
Potência			40,00	1,3739	
			(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia)*	
Tarifa de longas utilizações			8,882	8,2945	
Tarifa de médias utilizações		Contratada	1,397	0,0458	
		Horas de ponta	9,064	0,2972	
Tarifa de curtas utilizações		Contratada	1,271	0,0417	
		Horas de ponta	13,977	0,4582	
			0,495	0,0162	
Energia ativa			(EUR/kWh)		
Tarifa de longas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1191		
		Horas cheias	0,0911		
		Horas de vazio normal	0,0579		
		Horas de super vazio	0,0541		
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1229		
		Horas cheias	0,0937		
		Horas de vazio normal	0,0602		
		Horas de super vazio	0,0560		
	Tarifa de médias utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1253	
			Horas cheias	8,8845	
Horas de vazio normal			0,0589		
Horas de super vazio			0,0552		
Períodos II, III		Horas de ponta	0,1321		
		Horas cheias	0,0950		
		Horas de vazio normal	0,0623		
		Horas de super vazio	0,0578		
Tarifa de curtas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1981		
		Horas cheias	0,1037		
		Horas de vazio normal	0,0664		
		Horas de super vazio	0,0621		
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1985		
		Horas cheias	0,1034		
		Horas de vazio normal	0,0666		
		Horas de super vazio	0,0622		
Energia reativa			(EUR/kvarh)		
			Fornecida	0,0220	
			Recebida	0,0169	

No que respeita à faturação da energia reativa, esta sofreu alterações, a ERSE aprovou as novas regras de faturação de energia reativa de acordo os despachos n.º 7253/2010 e n.º 12605/2010, publicados no Diário da República, 2ª série, de 26 de Abril e de 4 de Agosto, respetivamente, esta informação está descrita com mais ênfase na apresentação dos resultados da energia reativa (ERSE, 2012b).

A energia ativa ou energia útil é a parte elétrica que é consumida por lâmpadas, resistências, motores e é uma energia gasta, já que a mesma sofre alterações por exemplo uma lâmpada quando se acende a energia elétrica transforma-se em luz e calor e quando se faz rodar eixos dos motores transforma energia elétrica em energia mecânica.

Como podemos observar na Tabela 8, o período é tetra-horário existem 4 tipos de energia (ponta, cheias, vazio normal e supervazio) que se dividem pelas 24 horas de um dia conforme pode ser visualizado na Figura 30. Esse horário varia entre verão e inverno e o preço varia do período das pontas (0,1253 €) até o período de supervazio (0,0552 €).

Nos Gráficos 13 a 48 apresenta-se o tratamento dos dados de telecontagem da instalação para o ano de 2012. Existe uma representação linear gráfica por mês ao longo do ano de 2012, consumos diários mensais por tipo de tarifário e por último a média e o desvio padrão do consumo horário ao longo do mês. Na representação linear a série vermelha corresponde ao fim de semana e a azul aos dias de semana.

Os Gráficos 13 a 15 dizem respeito ao mês de janeiro de 2012. Os valores na representação linear mantêm um comportamento constante à exceção do ponto 1 que corresponde ao dia 27/01/2012 sexta-feira e onde já se encontrava em curso a época de exames. No ponto 2 os valores correspondem aos sábados que apresentam sempre um valor superior em relação ao domingo devido a existência de aulas dos vários mestrados. O valor máximo ronda os 160kWh. Durante o mês Janeiro no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 60 kWh chegando quase a duplicar no intervalo das 11h às 13h e das 16h às 19h. No consumo total e por período tarifário é facilmente detetável os dias de semana e os fins-de-semana de realçar também que a partir do dia 23 de Janeiro existe um decréscimo no consumo por estar a decorrer a época de exames (23 de Janeiro a 11 de Fevereiro). A escala de valores situa-se entre os 1203kWh (dia 1 de Janeiro) e os 2804 kWh (dia 19 de Janeiro).

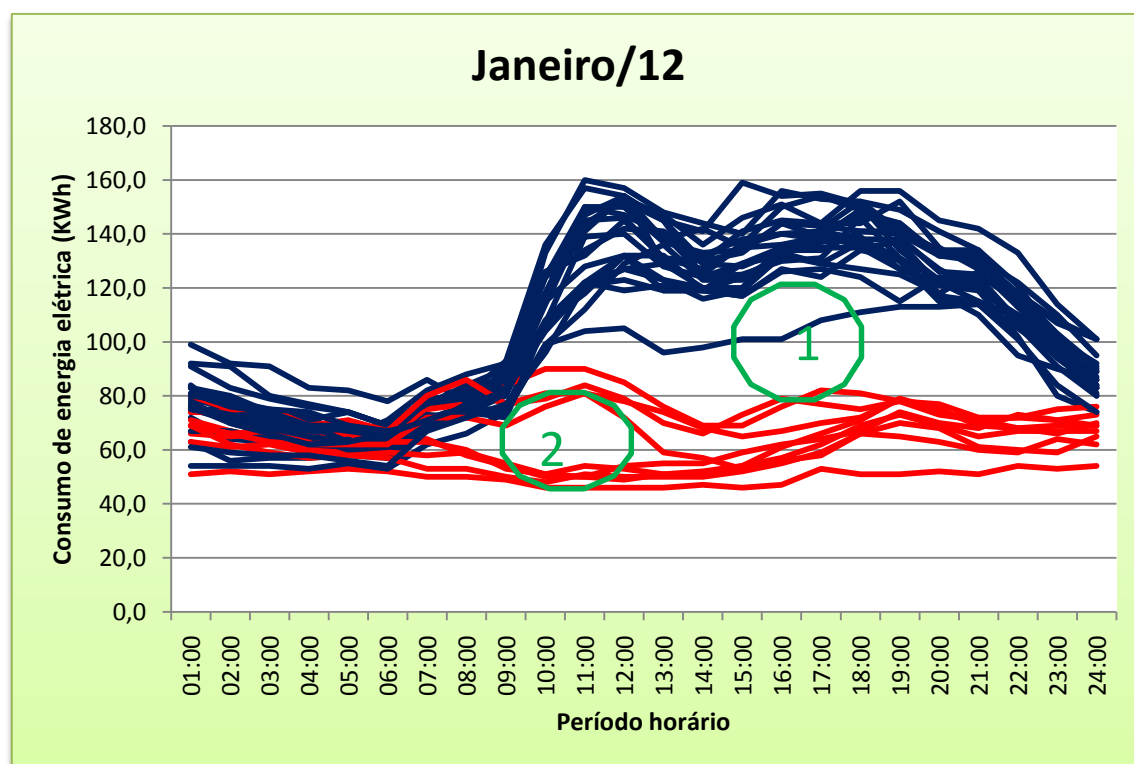


Gráfico 13 – Representação linear gráfica do mês de Janeiro de 2012.

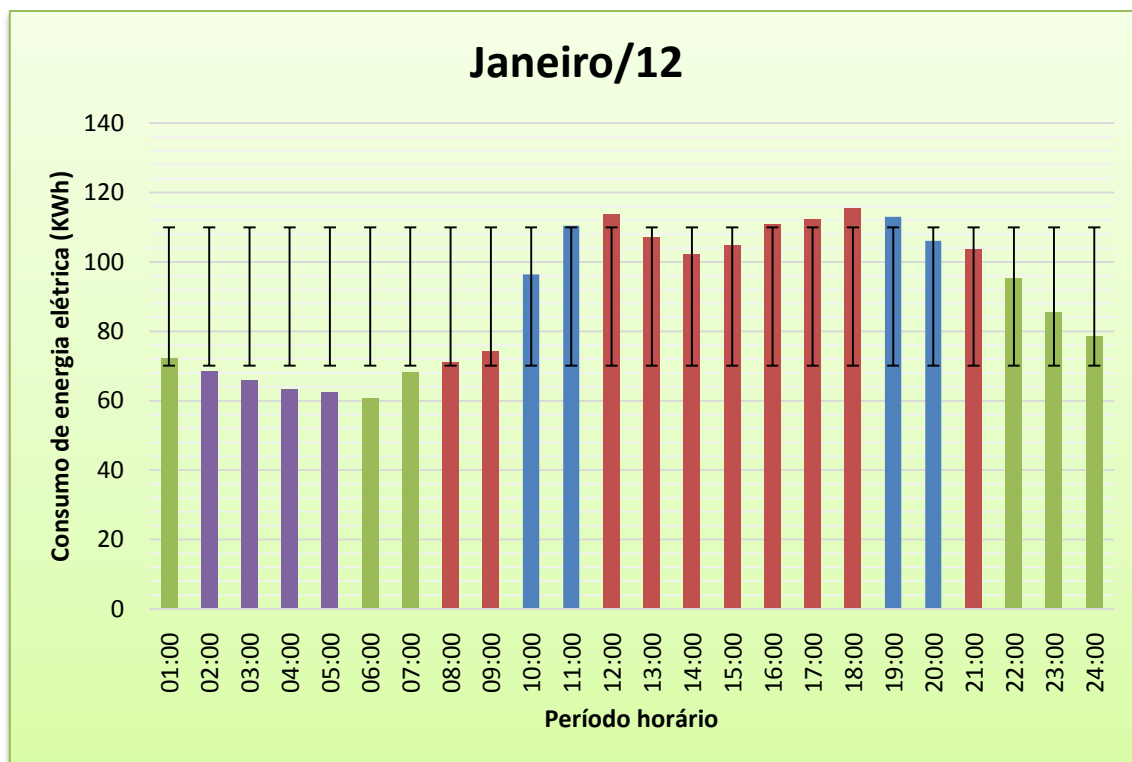


Gráfico 14 – Consumo médio por período horário no mês Janeiro de 2012.

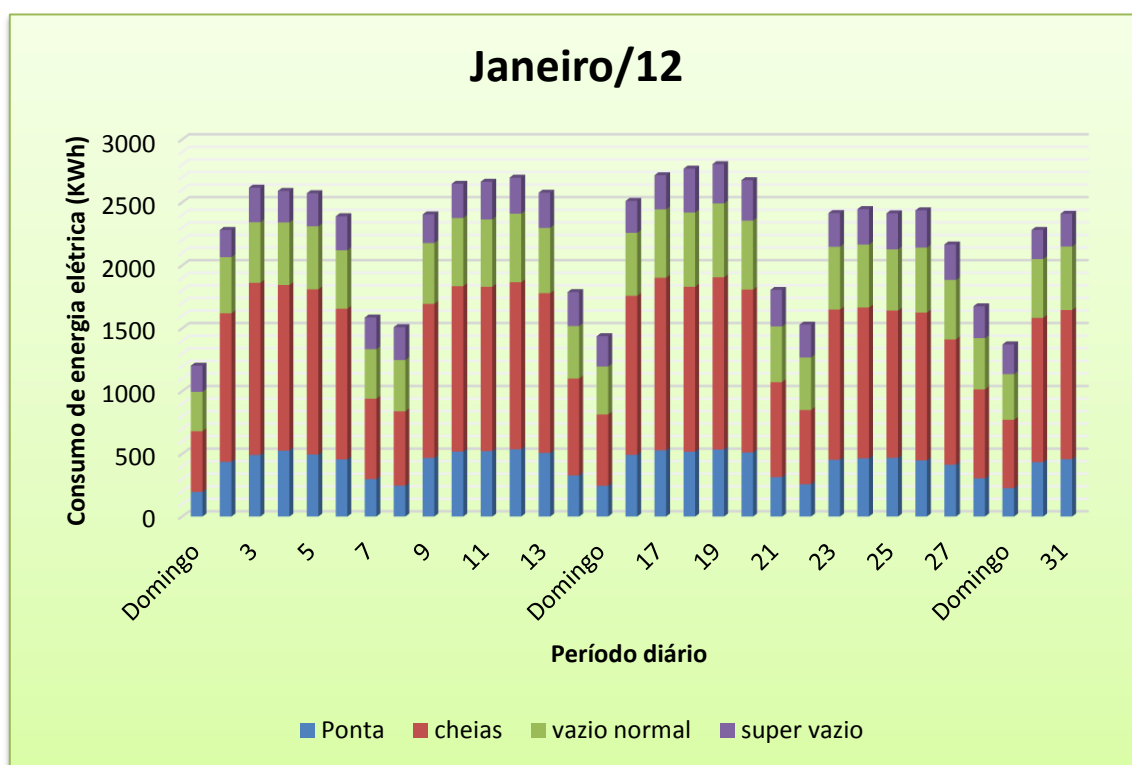


Gráfico 15 – Consumo total por período tarifário no mês de Janeiro de 2012.

Os Gráficos 16 a 18 dizem respeito ao mês de Fevereiro de 2012. Os valores na representação linear mantêm um comportamento similar ao mês anterior, à exceção do ponto 1 que corresponde aos dias da semana com menor consumo 20 e 21 de fevereiro. No ponto 2 como no mês anterior os valores dos sábados apresentam um valor superior em relação ao domingo devido a existência de aulas dos vários mestrados. O valor máximo supera em pouco os 140kWh. Durante o mês Fevereiro no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 62 kWh ultrapassando os 100kWh das 11h às 13h e das 16h às 19h. No consumo total e por período tarifário é detetável facilmente os dias de semana e os fins-de-semana de realçar também que nos dias 20 e 21 de Fevereiro existe um decréscimo no consumo por ser um período de férias do carnaval. A escala de valores situa-se entre os 1350kWh (dia 19 de Fevereiro) e os 2519 kWh (dia 28 de Fevereiro).

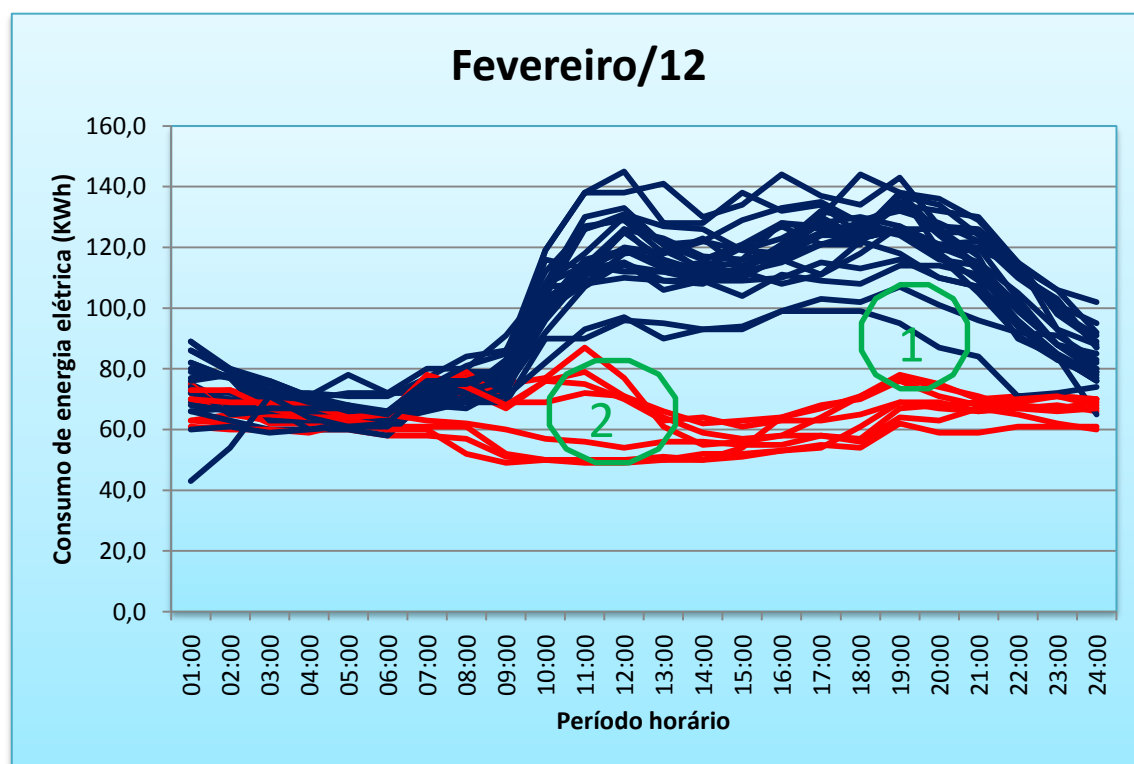


Gráfico 16 - Representação linear gráfica do mês de Fevereiro de 2012.

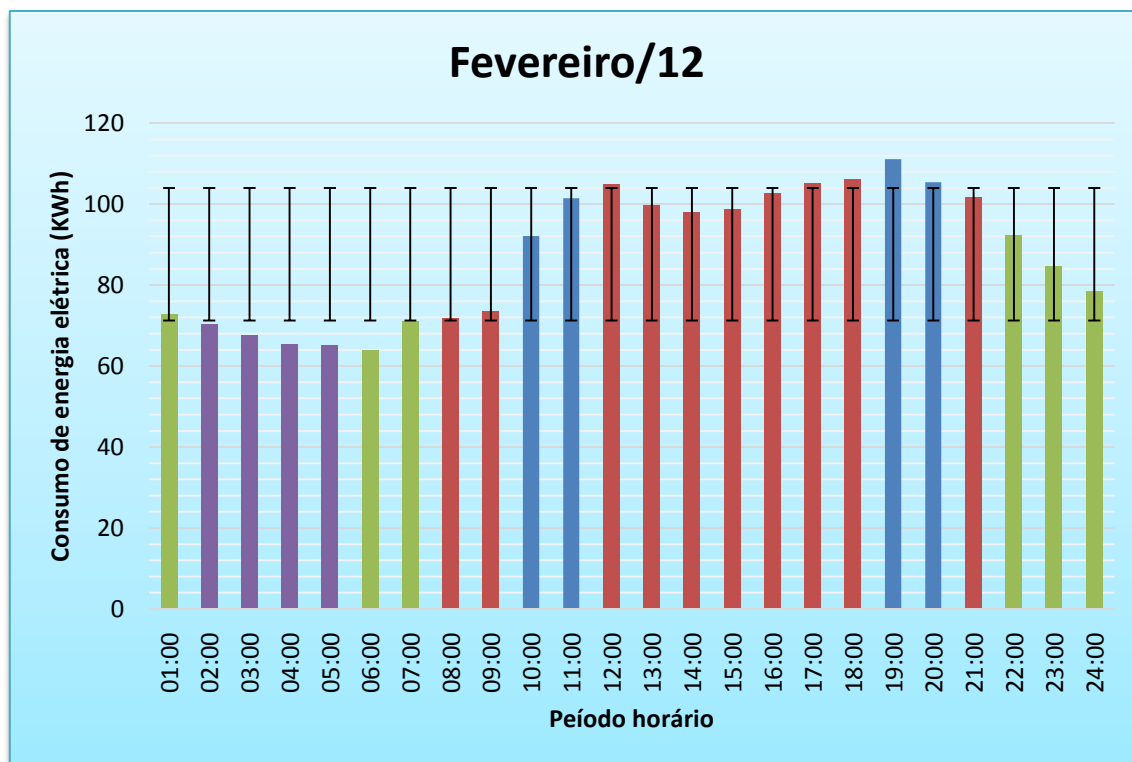


Gráfico 17 - Consumo médio por período horário no mês Fevereiro de 2012.

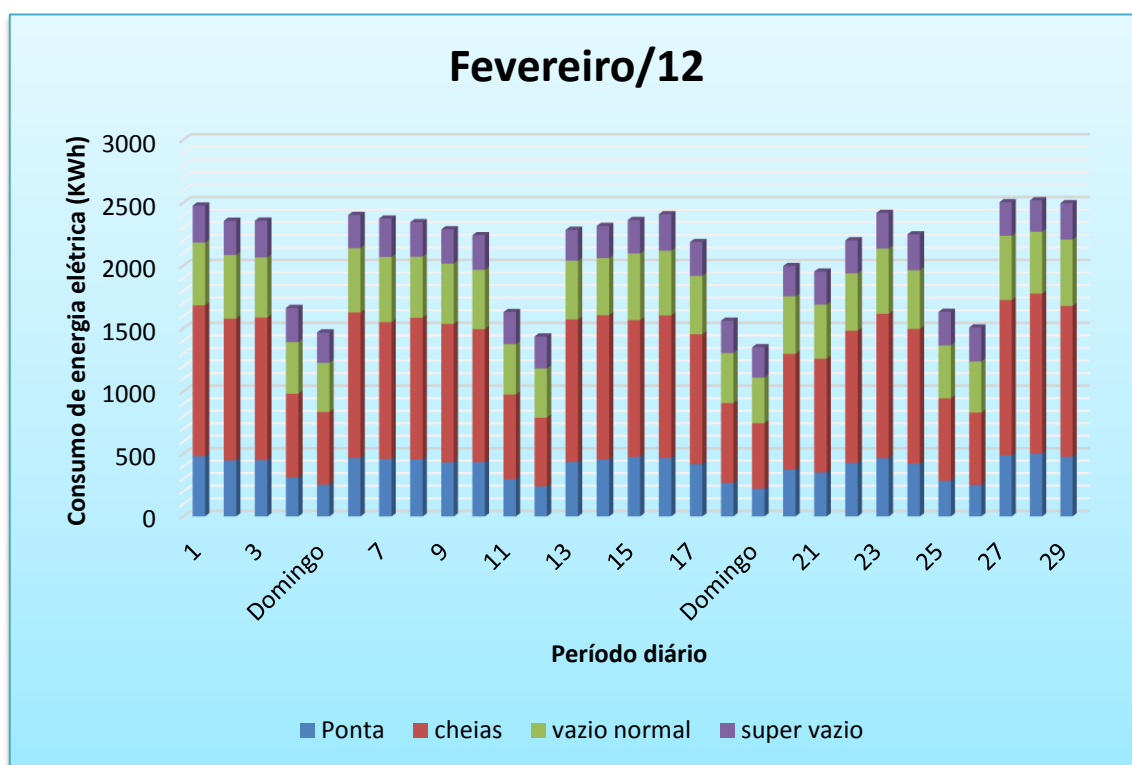


Gráfico 18 – Consumo total por período tarifário no mês de Fevereiro de 2012.

Os Gráficos 19 a 21 dizem respeito ao mês de Março de 2012. Os valores na representação linear mantêm um comportamento similar aos anteriores, existem uma variação no ponto 1 onde se verificam dois cortes de energia. O valor máximo do mês chega a ultrapassar os 160 kWh numa determinada hora do dia. Durante o mês Março no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 60 kWh ultrapassando os 100 kWh das 11h às 19h. No consumo total e por período tarifário é detetável facilmente os dias de semana e os fins de semana. A escala de valores situa-se entre os 987kWh (dia 25 de Março) e os 25720 kWh (dia 7 de Março).

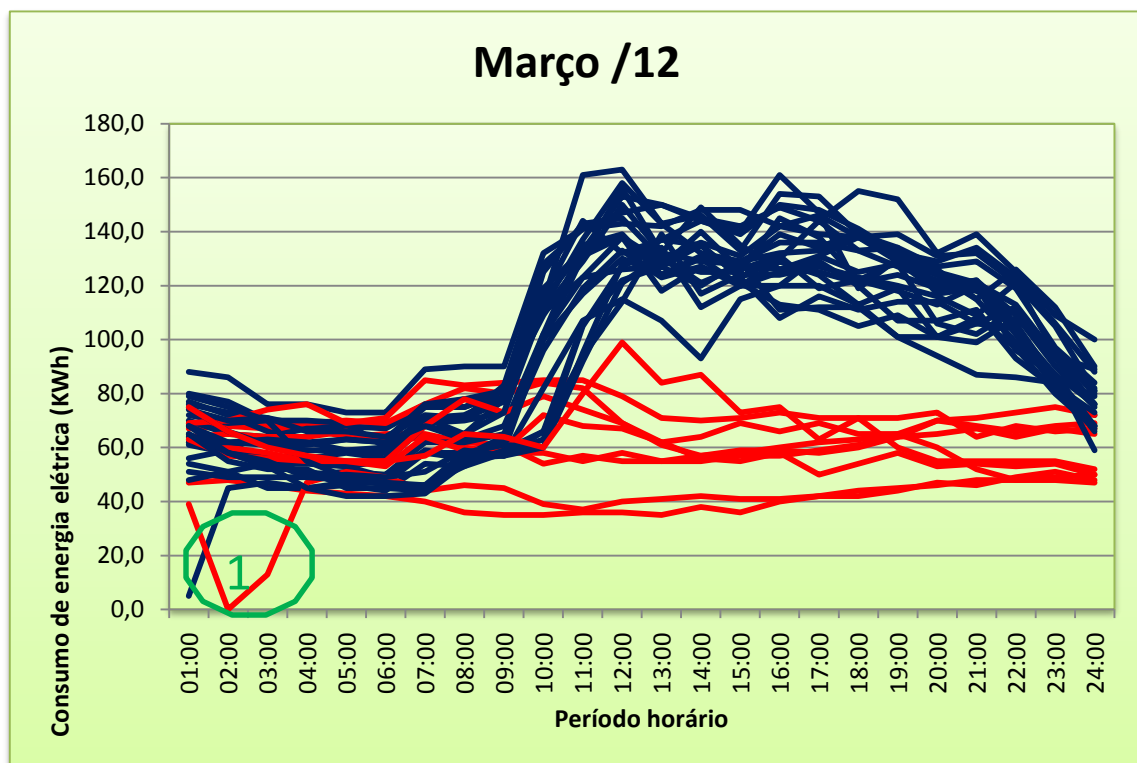


Gráfico 19 – Representação linear gráfica do mês de Março de 2012.

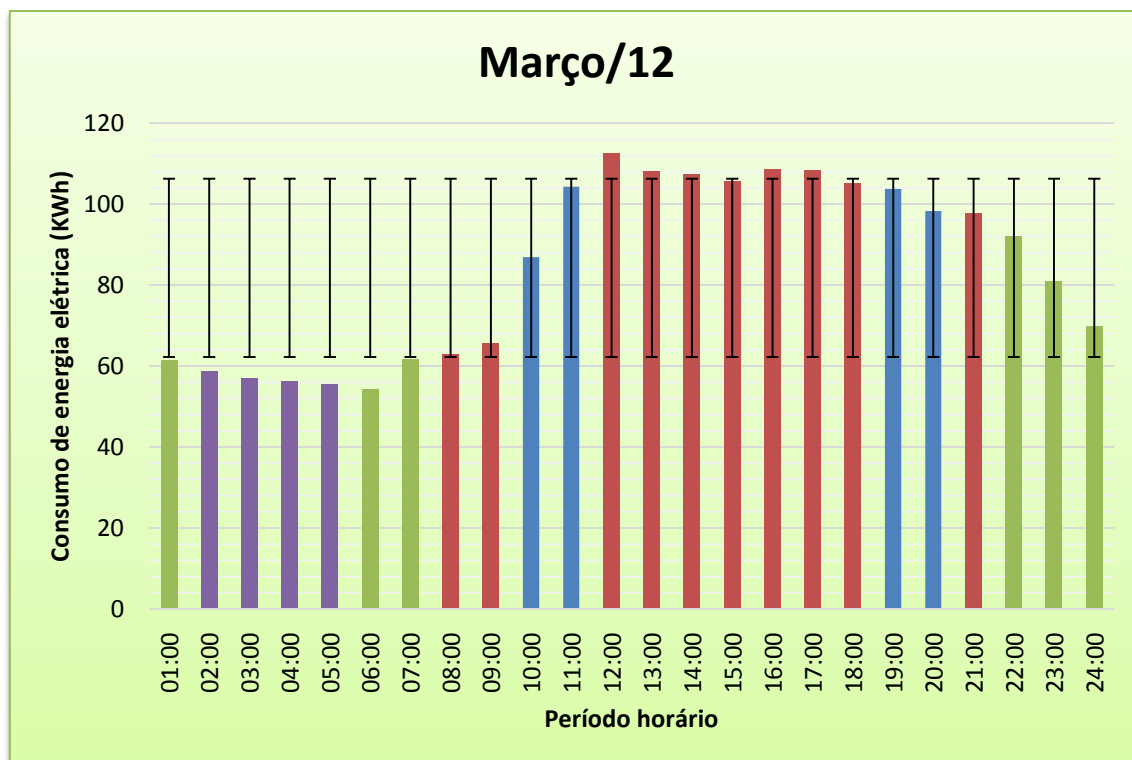


Gráfico 20 - Consumo médio por período horário no mês Março de 2012.

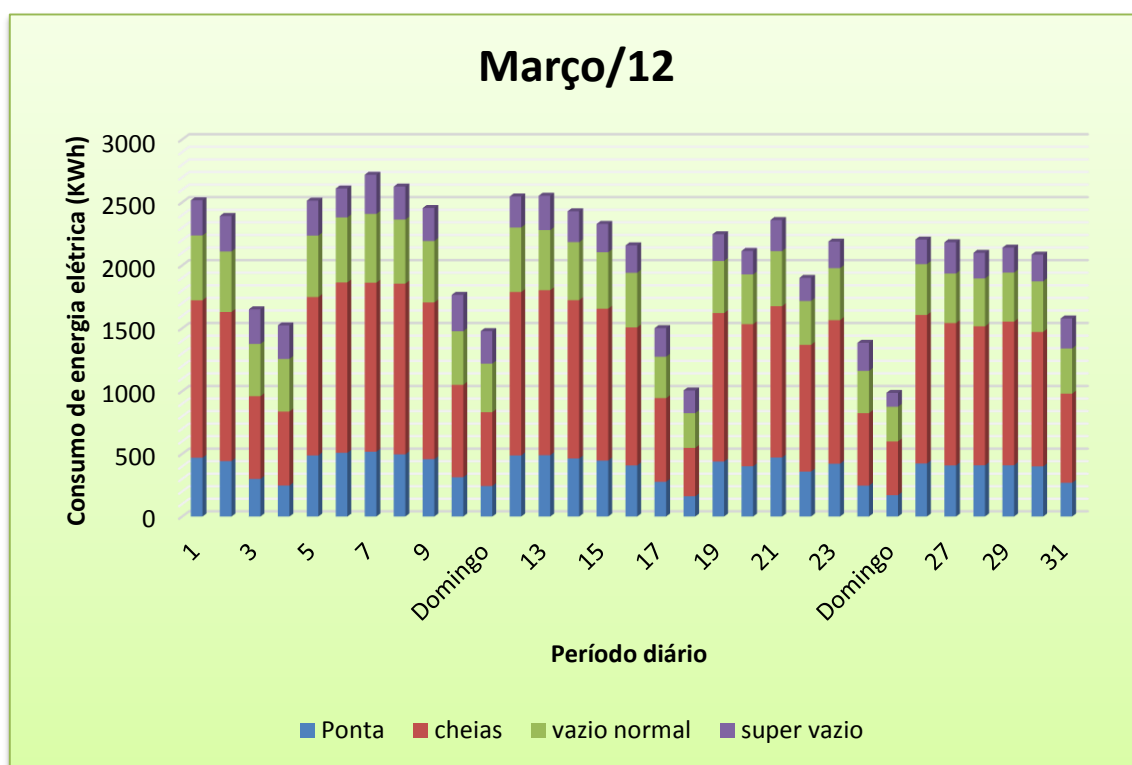


Gráfico 21 - Consumo total por período tarifário no mês de Março de 2012.

Os Gráficos 22 a 24 dizem respeito ao mês de Abril de 2012. Os valores na representação linear mantêm um comportamento diferente dos restantes meses. O ponto 1 onde é mais perceptível que o consumo decresceu deve-se ao período de férias da Páscoa. O valor máximo do consumo numa determinada hora chega a superar os 160 kWh. No mês de Abril no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 42 kWh ultrapassando os 90kWh apenas às 12h. No consumo total e por período tarifário existe uma irregularidade em ambos os dias devido ao período de férias da Páscoa e ao feriado de 25 de Abril. A escala de valores situa-se entre os 842kWh (dia 29 de Abril domingo) e os 2519 kWh (dia 18 de Abril, quarta-feira).

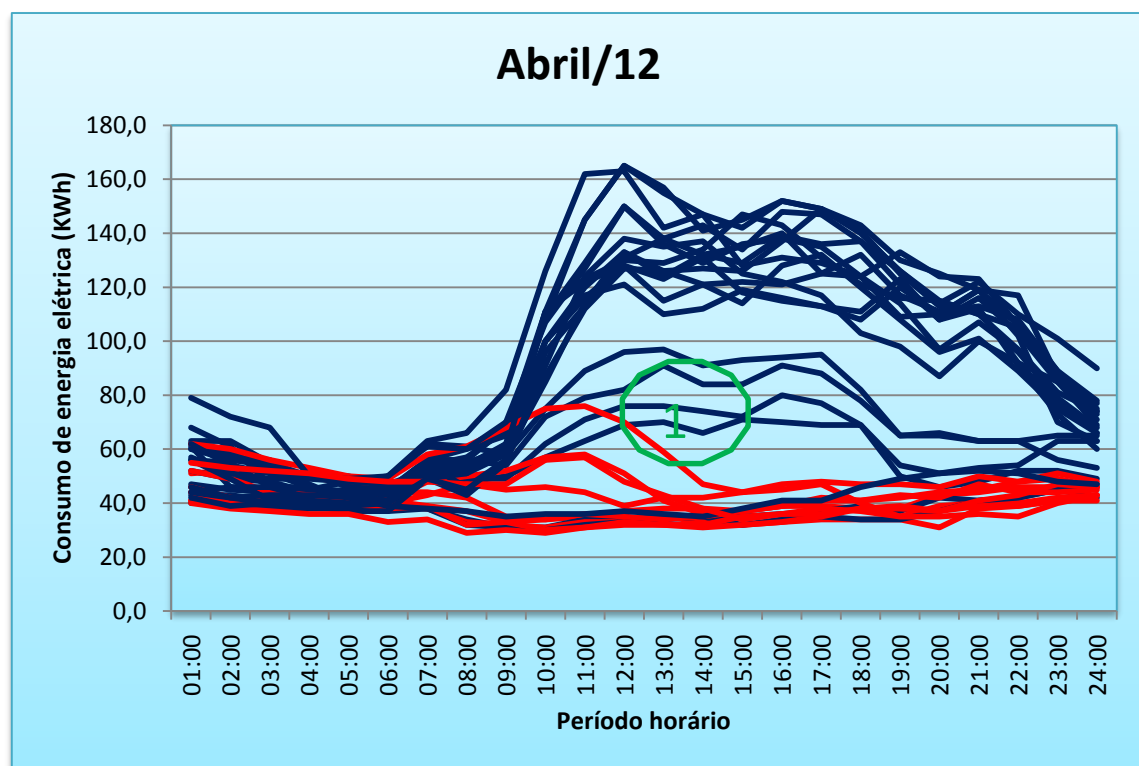


Gráfico 22 - Representação linear gráfica do mês de Abril de 2012.

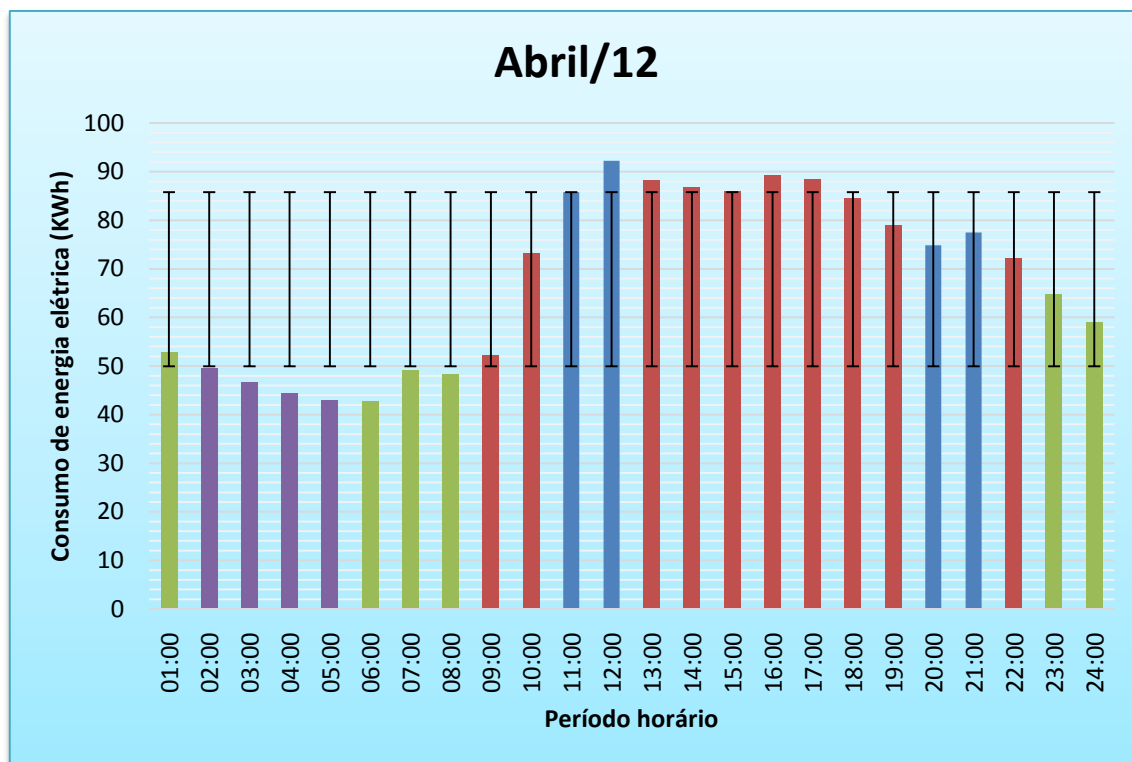


Gráfico 23 – Consumo médio por período horário no mês Abril de 2012.

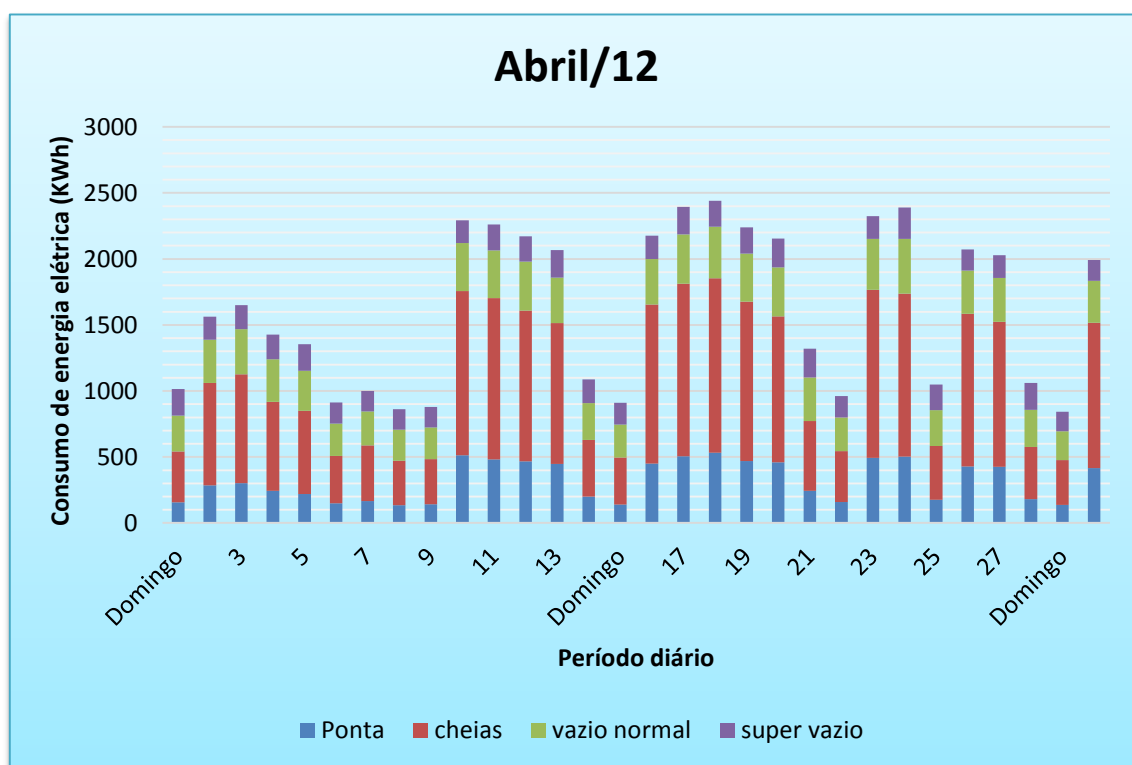


Gráfico 24 - Consumo total por período tarifário no mês de Abril de 2012.

Os Gráficos 25 a 27 dizem respeito ao mês Maio de 2012. Este é um mês atípico isto porque durante a semana académica 20 a 26 de Maio o consumo durante o dia baixa (não existe atividade letiva), mas no período noturno houve um aumento do consumo (o recinto da queima é alimentado pelo PT da ESTG), como se verifica no ponto 1. No ponto 2 a diferença que vemos corresponde ao dia 1 de Maio onde, por ser feriado, existiu um consumo reduzido, no dia 8 de Maio (terça-feira) pelas 12 horas chegou a atingir-se um valor máximo de 160kWh. Durante o mês de Maio no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 46 kWh ultrapassando os 100kWh às 12h das 16h às 18h. No consumo total e por período tarifário é detetável facilmente os dias de semana e os fins-de-semana, o dia 1 de Maio por ser feriado apresenta um consumo reduzido. A escala de valores situa-se entre os 869kWh (dia 27 de Maio domingo) e os 2302 kWh (dia 8 de Maio terça-feira).

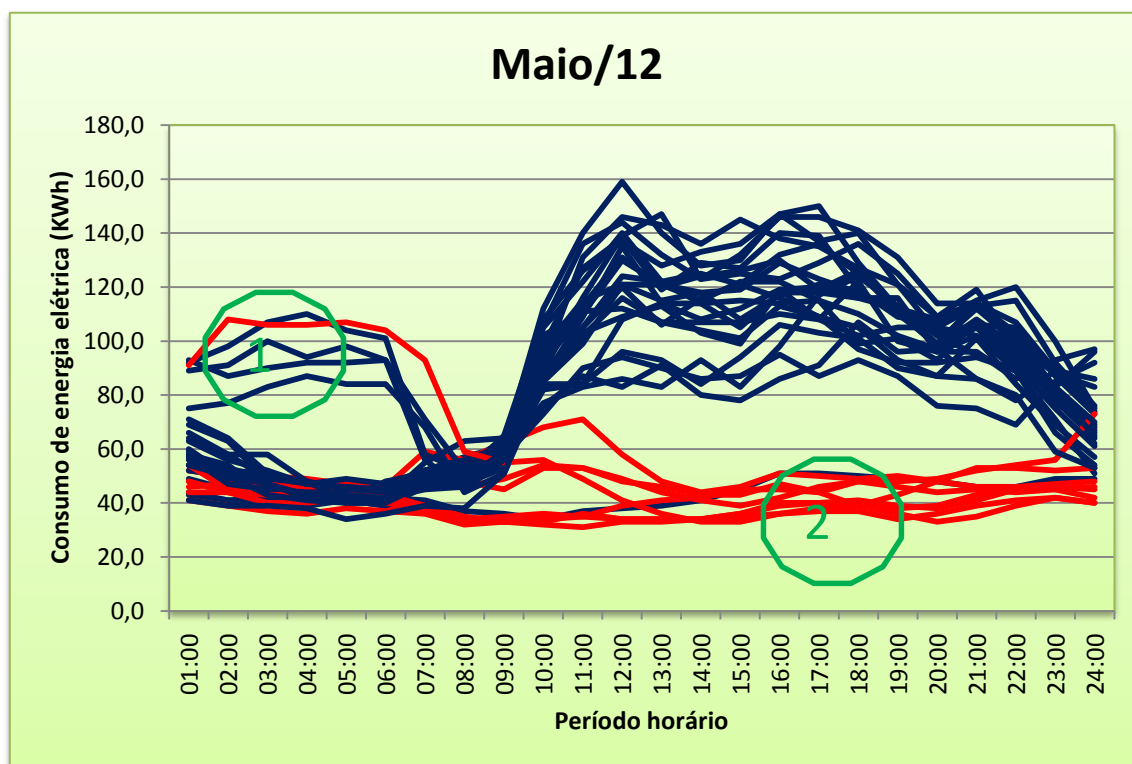


Gráfico 25 - Representação linear gráfica do mês de Maio de 2012.

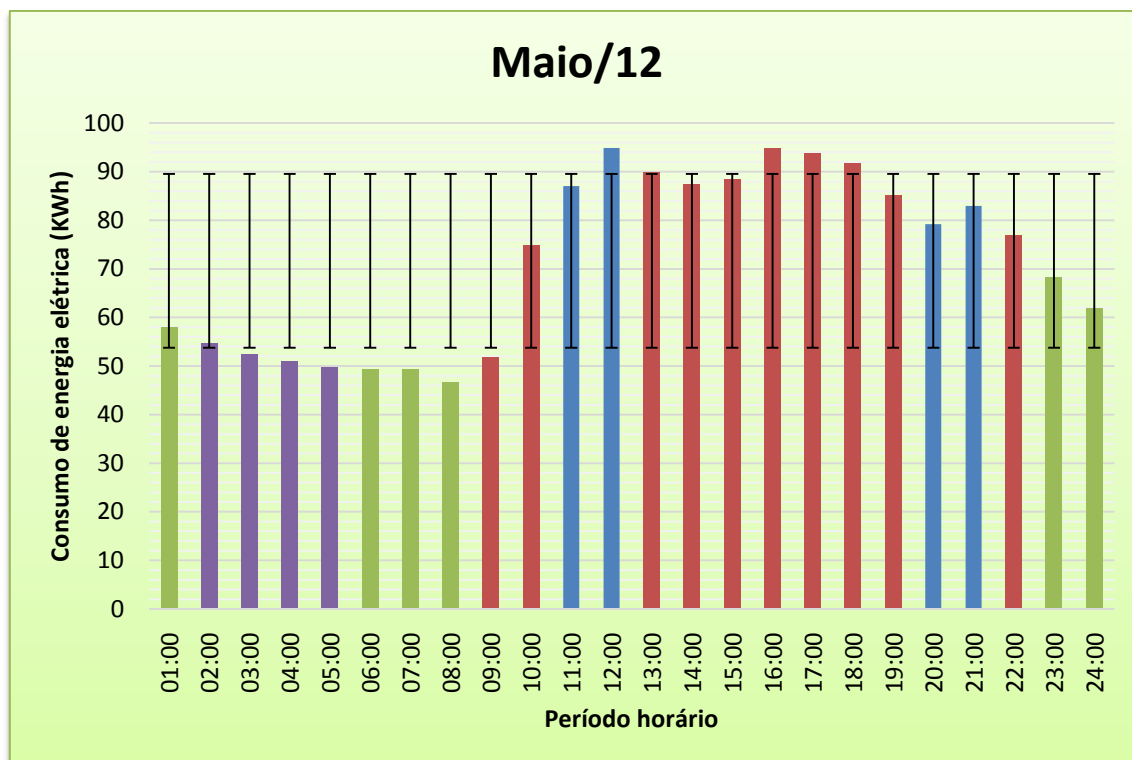


Gráfico 26 - Consumo médio por período horário no mês Maio de 2012.

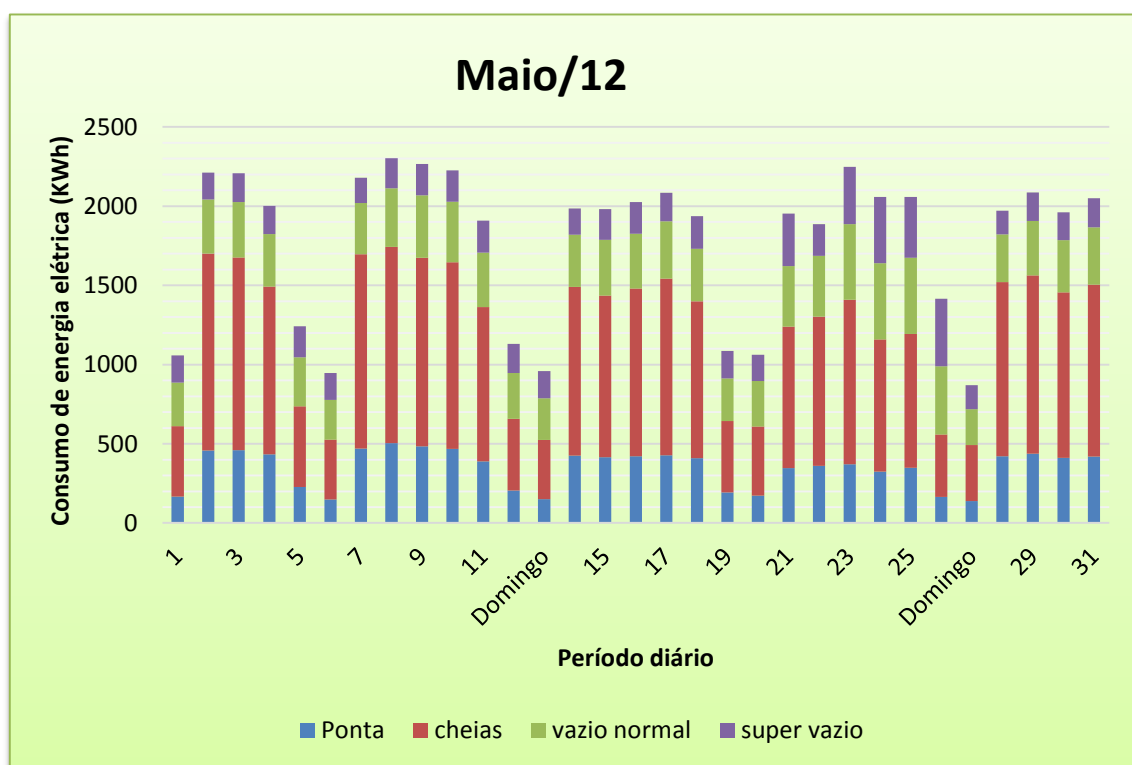


Gráfico 27 – Consumo total por período tarifário no mês de Maio de 2012.

Os Gráficos 28 a 30 dizem respeito ao mês de Junho de 2012. É um mês que segue o comportamento normal mensal, o único aspeto a realçar é o feriado de 7 de Junho, os consumos sofrem maiores variações devido à época de exames. O valor máximo chegou a rondar os 150kWh. Durante o mês de Maio no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 42 kWh ultrapassando os 90kWh das 16h às 17h. No consumo total e por período tarifário é detetável facilmente os dias de semana e os fins-de-semana, o dia 7 de Junho foi feriado, logo apresenta um consumo reduzido, a partir do 23 de Junho houve redução no consumo devido a estar a decorrer a época de exames. A escala de valores situa-se entre os 848kWh (dia 24 de Junho domingo) e os 2451 kWh (dia 14 de Junho quinta-feira).

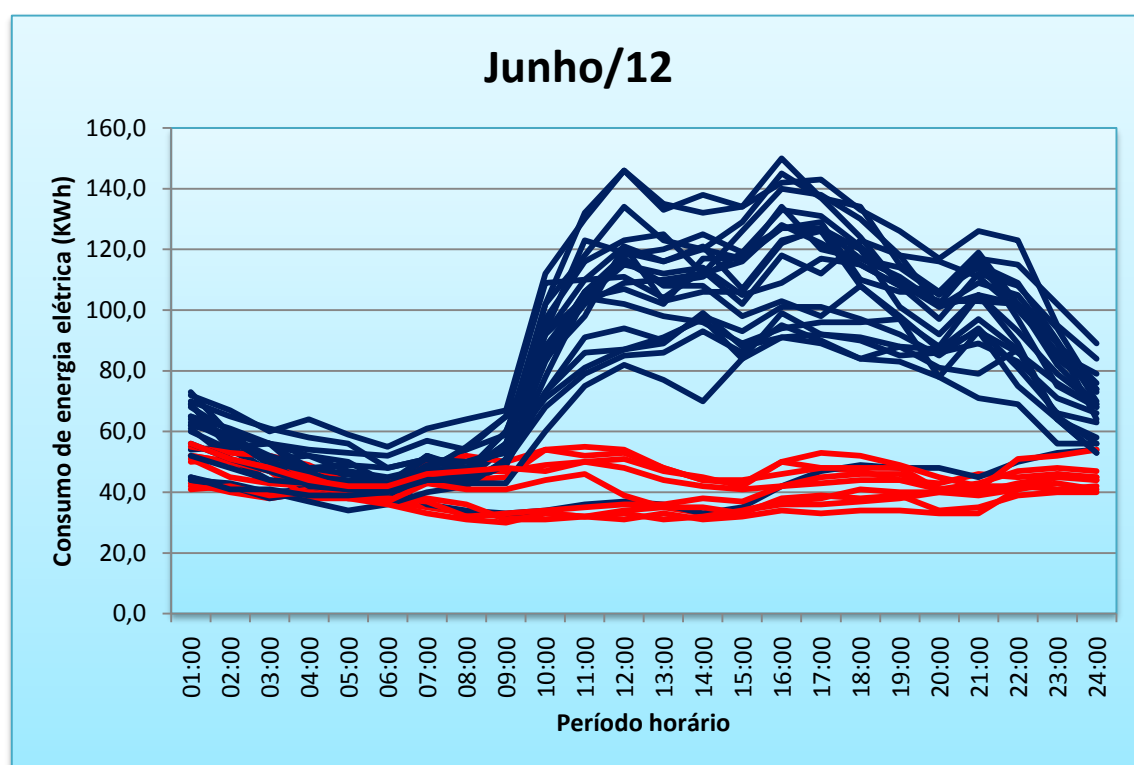


Gráfico 28 - Representação linear gráfica do mês de Junho de 2012.

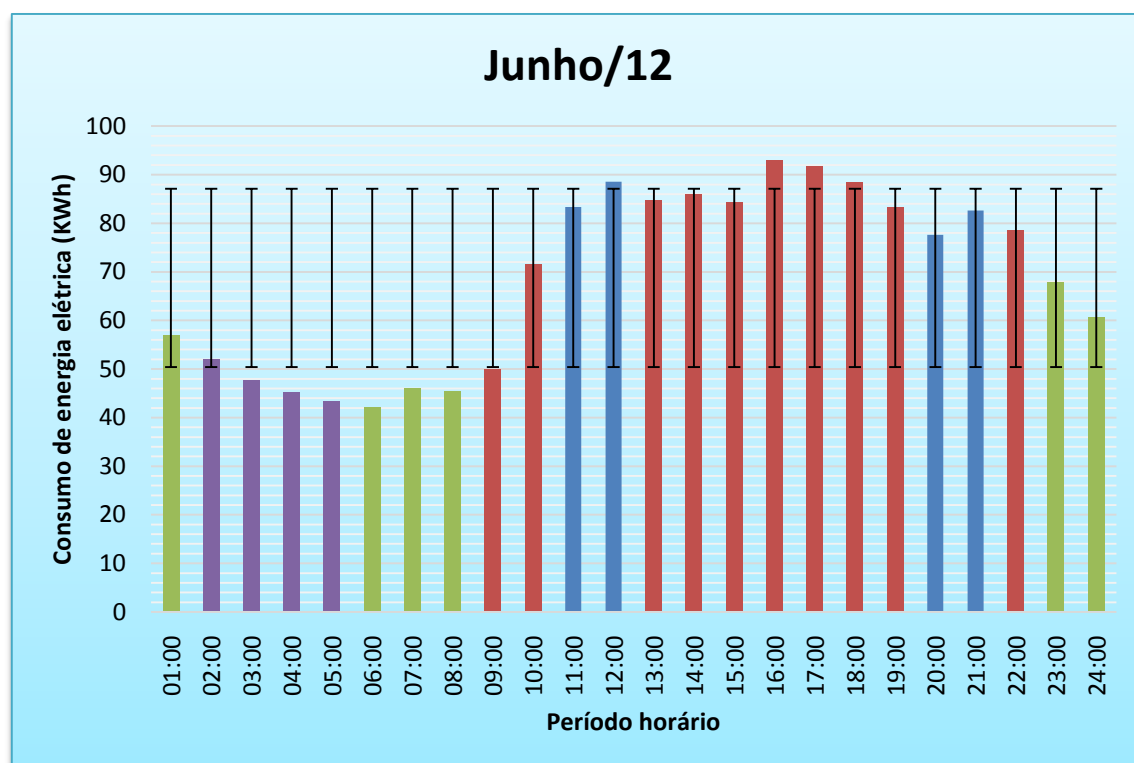


Gráfico 29 - Consumo médio por período horário no mês Junho de 2012.

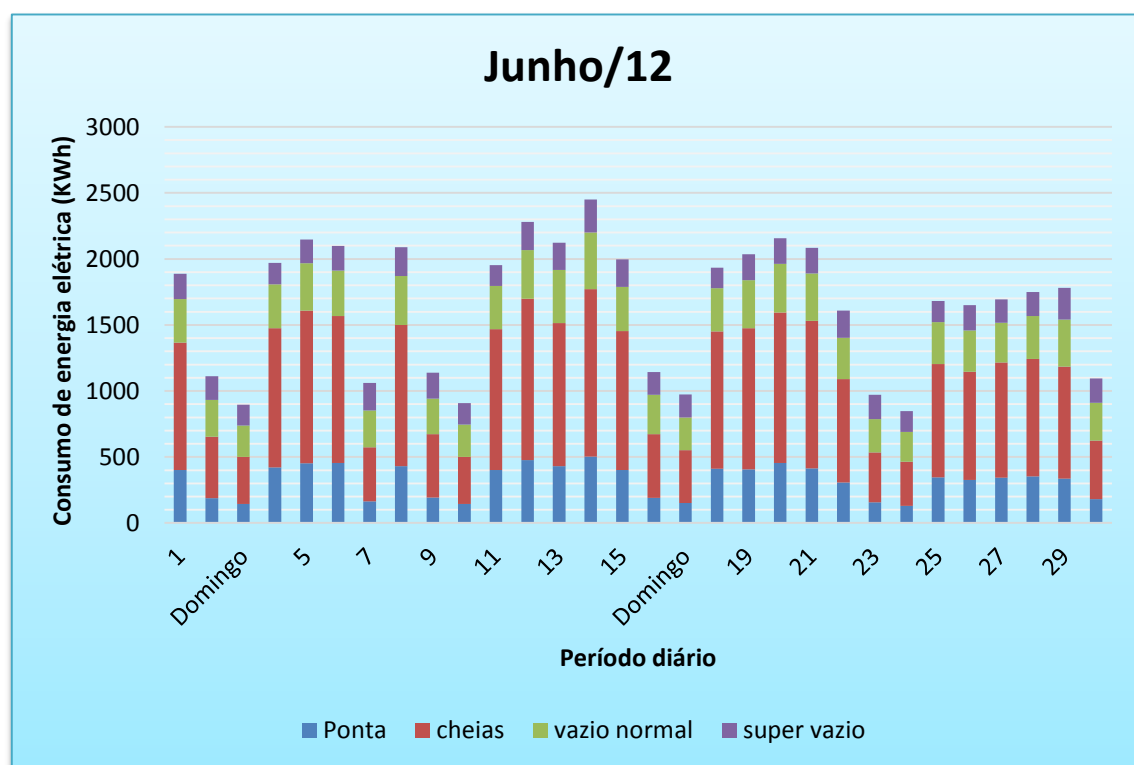


Gráfico 30 - Consumo total por período tarifário no mês de Junho de 2012.

Os Gráficos 31 a 33 dizem respeito ao mês de Julho de 2012. É um mês onde o consumo vai decrescendo no decorrer do mesmo isto porque começa o período de férias letivas. O valor máximo chegou a rondar os 120kWh. Durante o mês de Julho no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 40 kWh, durante o dia (das 12h às 22h) o consumo sofreu pouca variação rondando os 70 kWh. No consumo total e por período tarifário é detetável facilmente os dias de semana e os fins-de-semana. A escala de valores situa-se entre os 857kWh (dia 29 de Julho domingo) e os 1947 kWh (dia 13 de Julho sexta-feira).

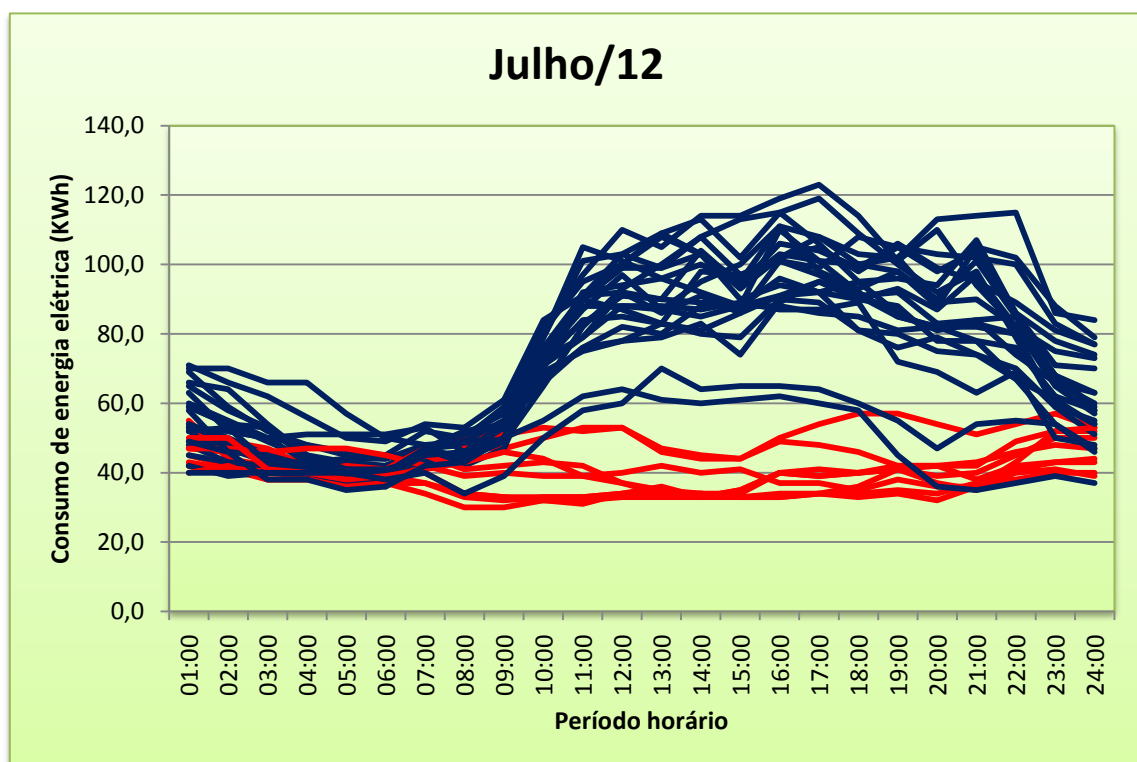


Gráfico 31 - Representação linear gráfica do mês de Julho de 2012.

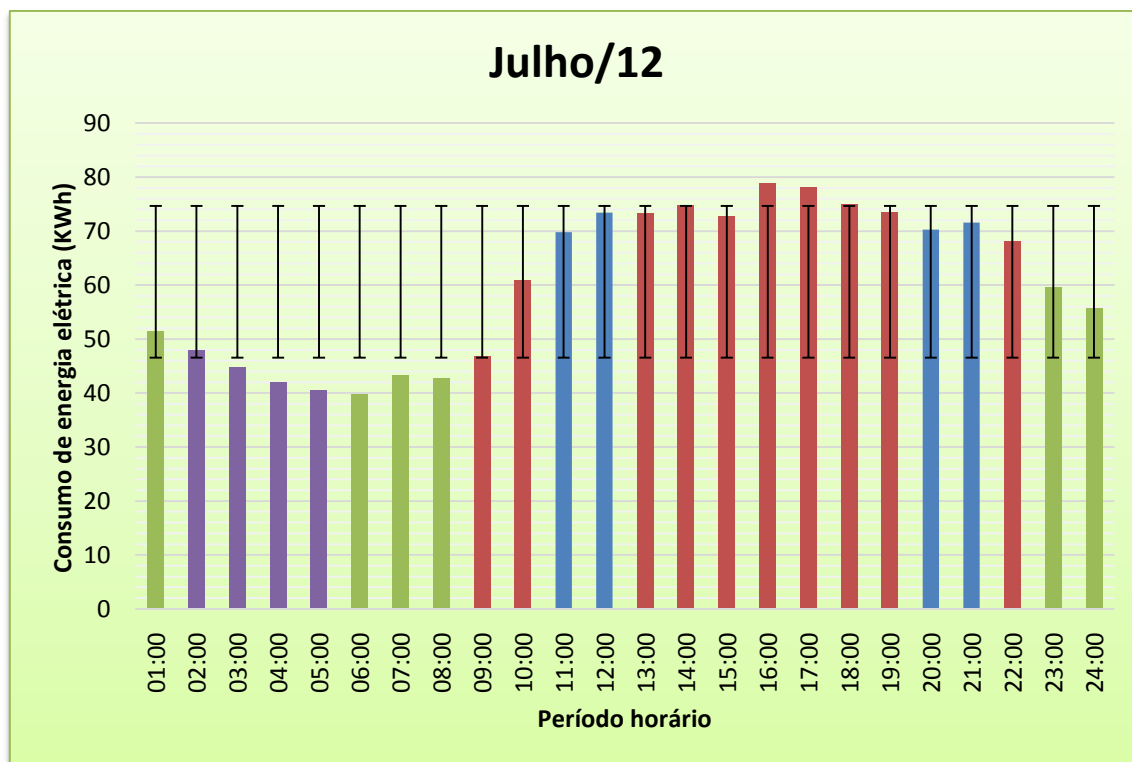


Gráfico 32 - Consumo médio por período horário no mês Julho de 2012.

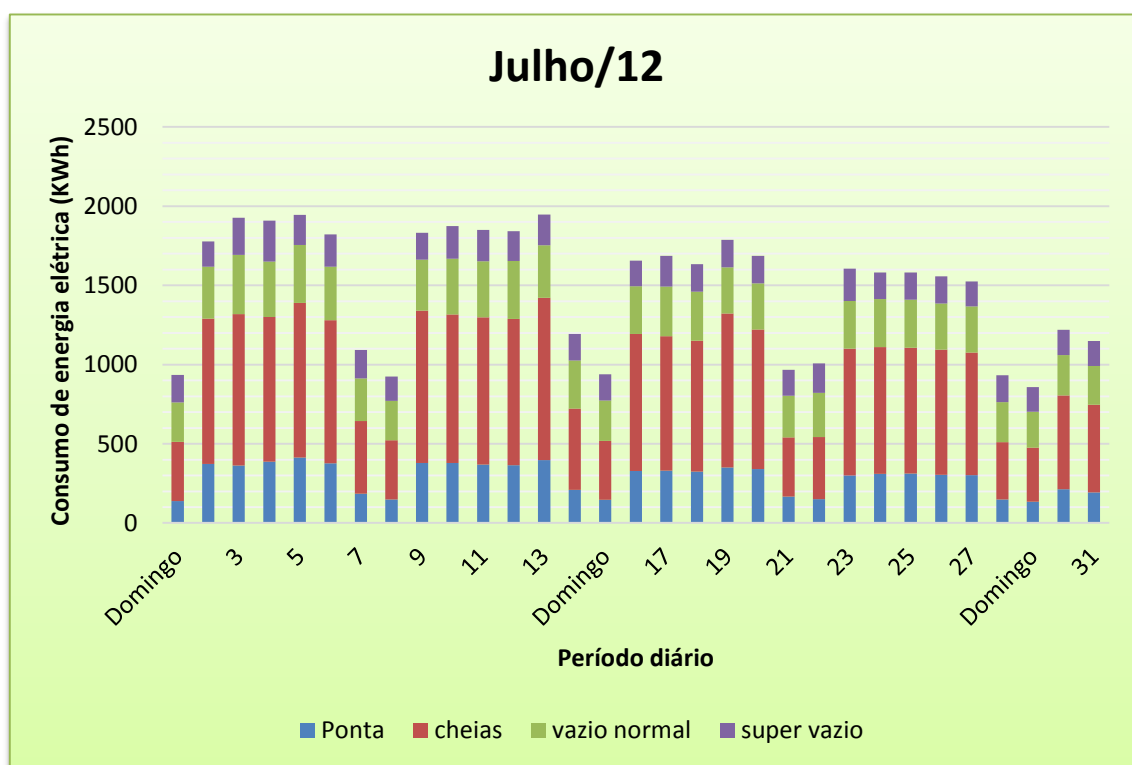


Gráfico 33 – Consumo total por período tarifário no mês de Julho de 2012.

Os Gráficos 34 a 36 dizem respeito ao mês de Agosto de 2012. Este mês é o que apresenta menor consumo porque a grande parte da comunidade da ESTG se encontra a gozar o período de férias, estando apenas a ser assegurados os serviços mínimos. O valor máximo do consumido numa hora de um dia não chegou aos 60 kWh. Durante o mês de Agosto e no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 31 kWh não ultrapassando os 40kWh em nenhum período. No consumo total e por período tarifário foi verificado um consumo constante. A escala de valores situa-se entre os 723kWh (dia 12 de Agosto domingo) e os 1141 kWh (dia 30 de Agosto quinta-feira). Existiu um pequeno aumento do consumo dos últimos dias do mês que coincide com o retorno do período de férias.

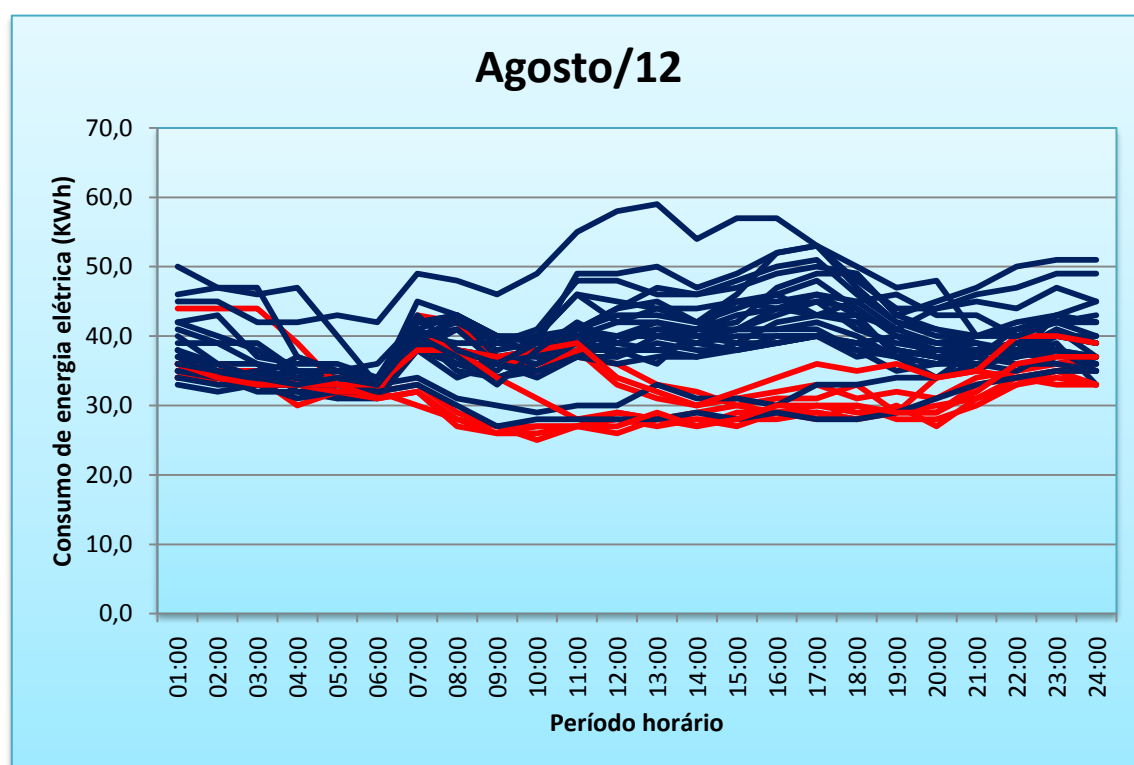


Gráfico 34 - Representação linear gráfica do mês de Agosto de 2012.

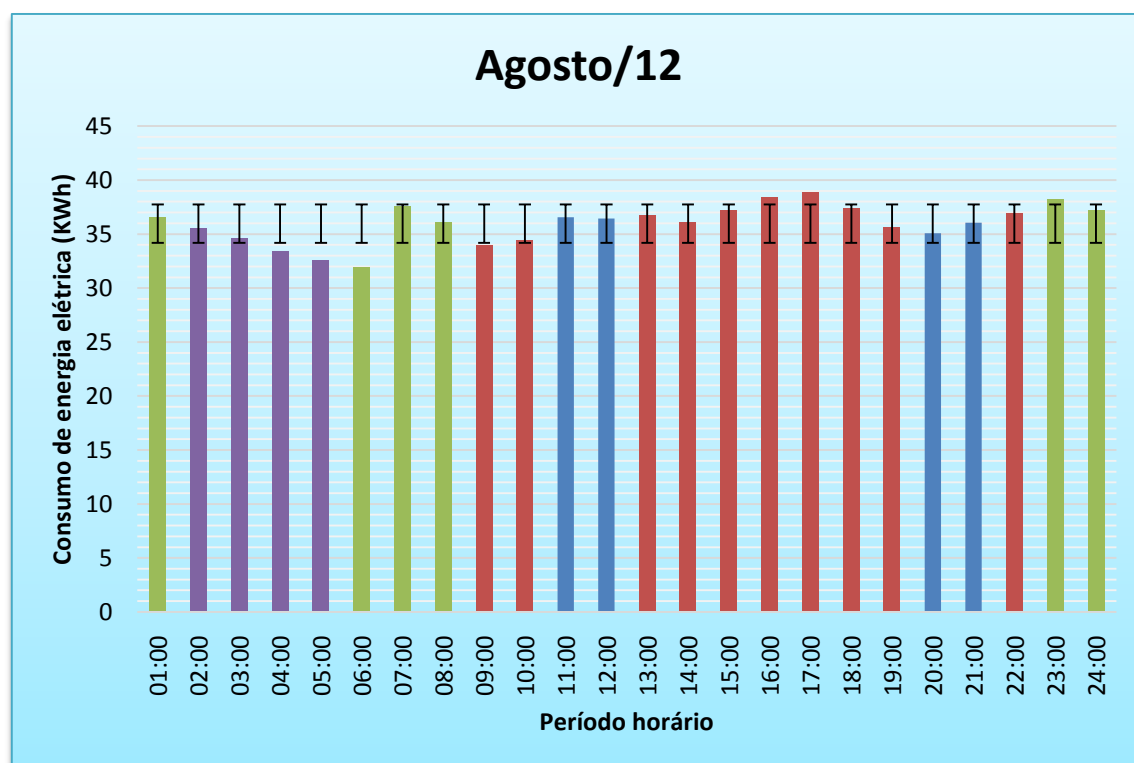


Gráfico 35 - Consumo médio por período horário no mês Agosto de 2012.

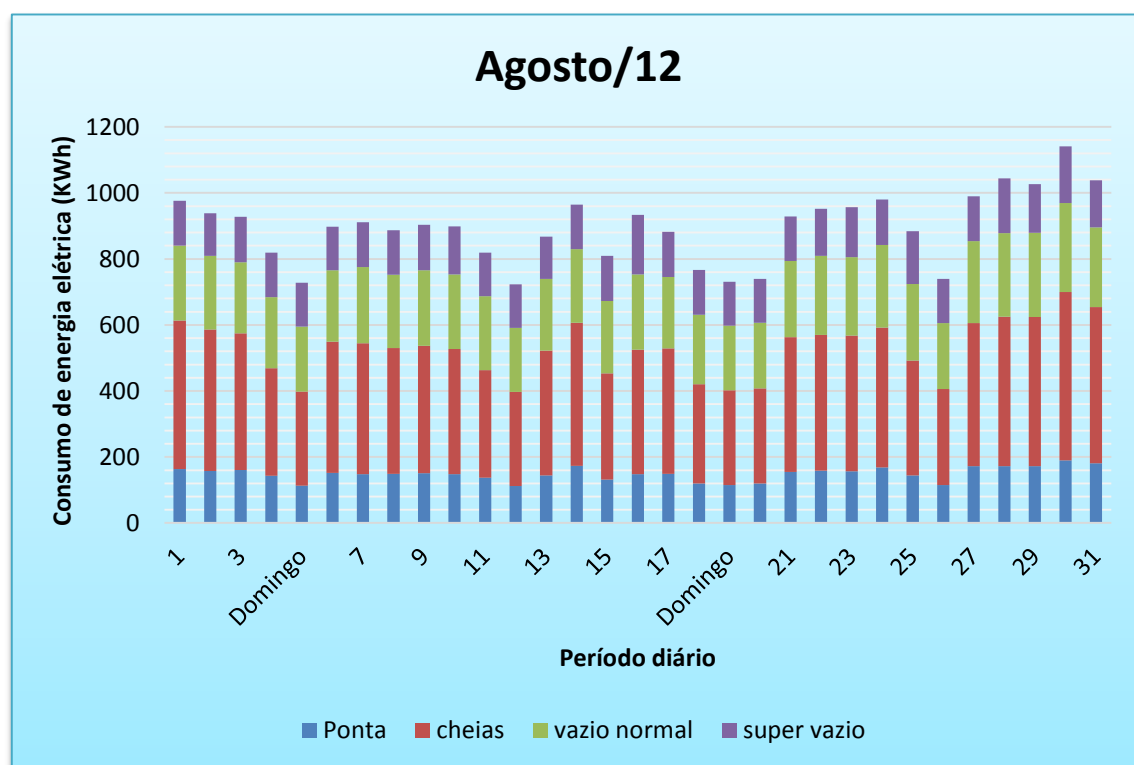


Gráfico 36 - Consumo total por período tarifário no mês de Agosto de 2012.

Os Gráficos 37 a 39 dizem respeito ao mês de Setembro de 2012. Os valores na representação linear mantêm um comportamento similar nas três primeiras semanas, e um mesmo comportamento para a última semana mas com um aumento no consumo. O valor máximo não supera os 140kWh. Durante o mês Setembro no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 37 kWh chegando o valor máximo aos 66 kWh, o consumo superior aos 60 kWh deu-se das 10h às 18h. No consumo total e por período tarifário é detetável facilmente os dias de semana e os fins-de-semana e o aumento do consumo da última semana derivado ao início das atividades letivas. A escala de valores situa-se entre os 781kWh (dia 2 de Setembro domingo) e os 2101 kWh (dia 25 de Setembro terça-feira).

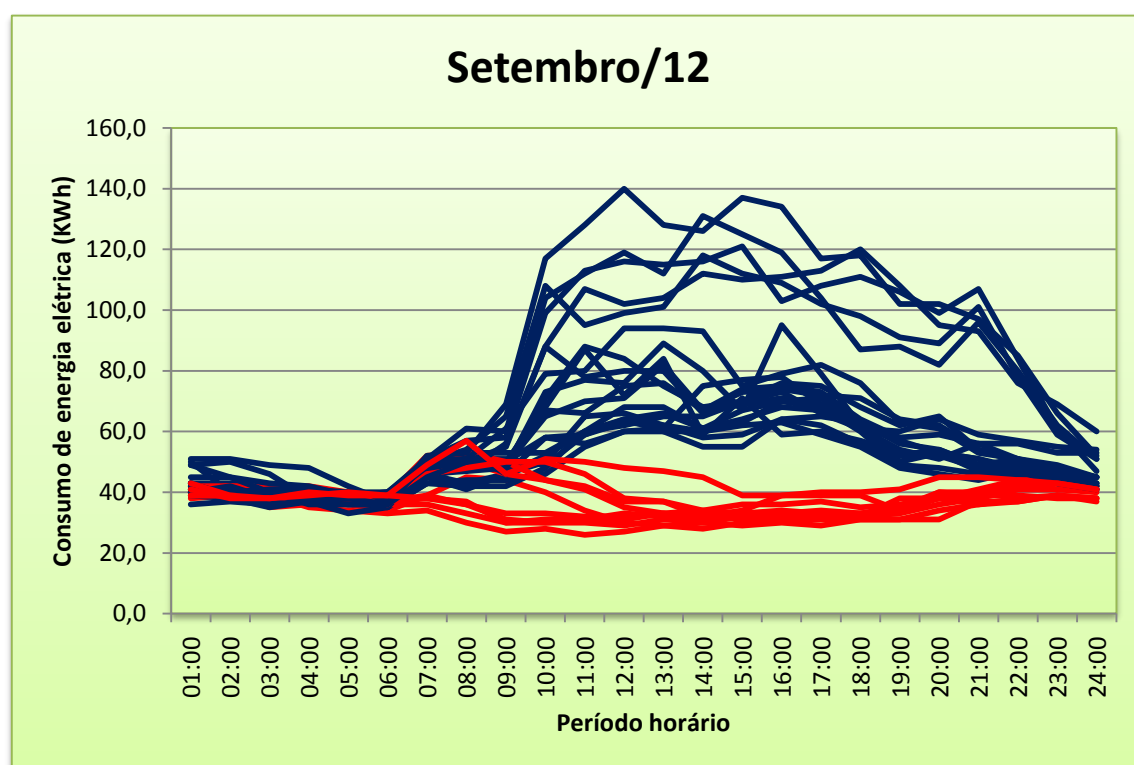


Gráfico 37 - Representação linear gráfica do mês de Setembro de 2012.

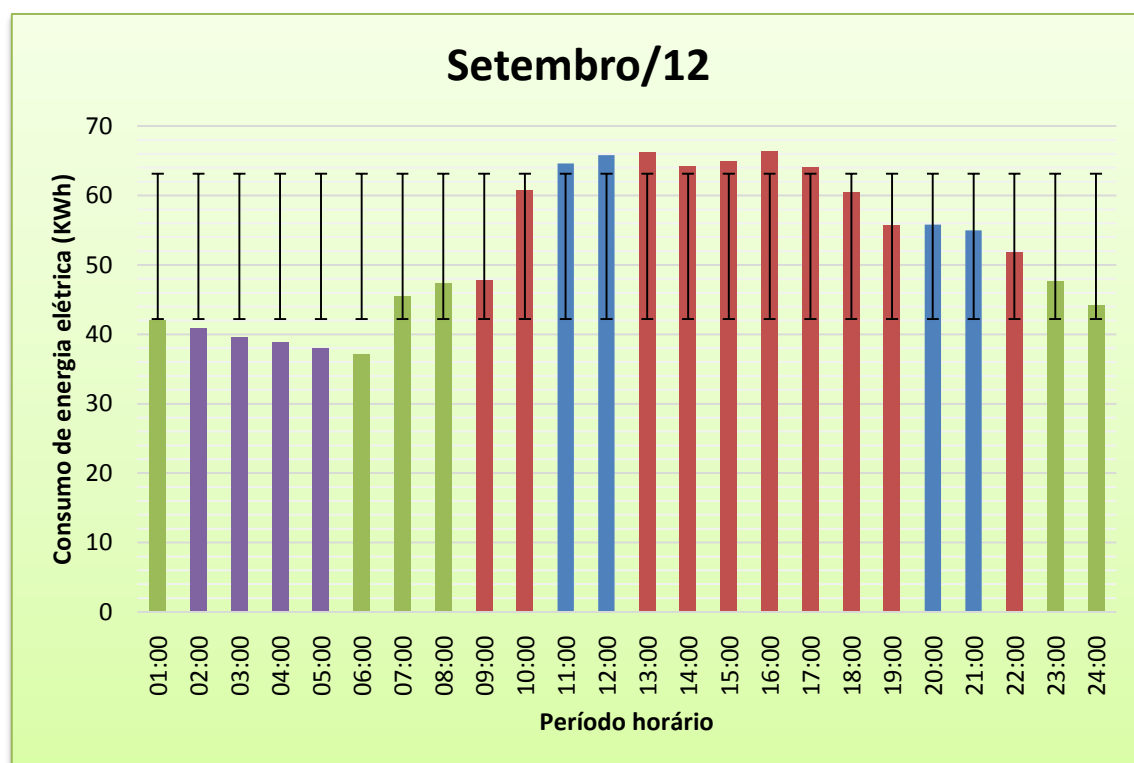


Gráfico 38 – Consumo médio por período horário no mês Setembro de 2012.

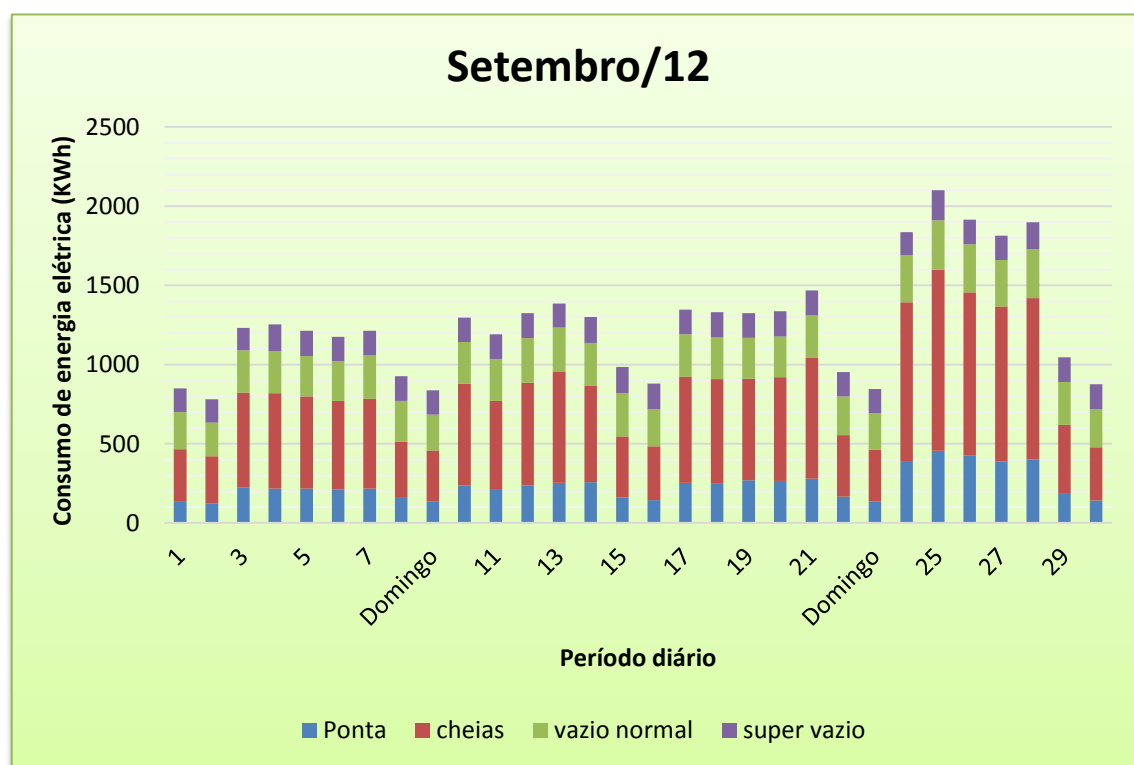


Gráfico 39 - Consumo total por período tarifário no mês de Setembro de 2012.

Os Gráficos 40 a 42 dizem respeito ao mês de Outubro de 2012. Os valores na representação linear mantêm um comportamento constante ao que era previsível, à exceção do ponto 1 que corresponde ao dia 5 de Outubro sexta-feira, feriado nacional. O valor máximo ronda os 160kWh. Durante o mês Outubro no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 37 kWh chegando a duplicar no intervalo das 10h às 22h sendo o limite superior a 100kWh. No consumo total e por período tarifário é detetável facilmente os dias de semana e os fins-de-semana de realçar um comportamento da mesma ordem de grandezas ao longo do mês com exceção do supracitado relativo ao feriado. A escala de valores situa-se entre os 863kWh (dia 21 de Outubro Domingo) e os 2382 kWh (dia 31 de Outubro quarta-feira).

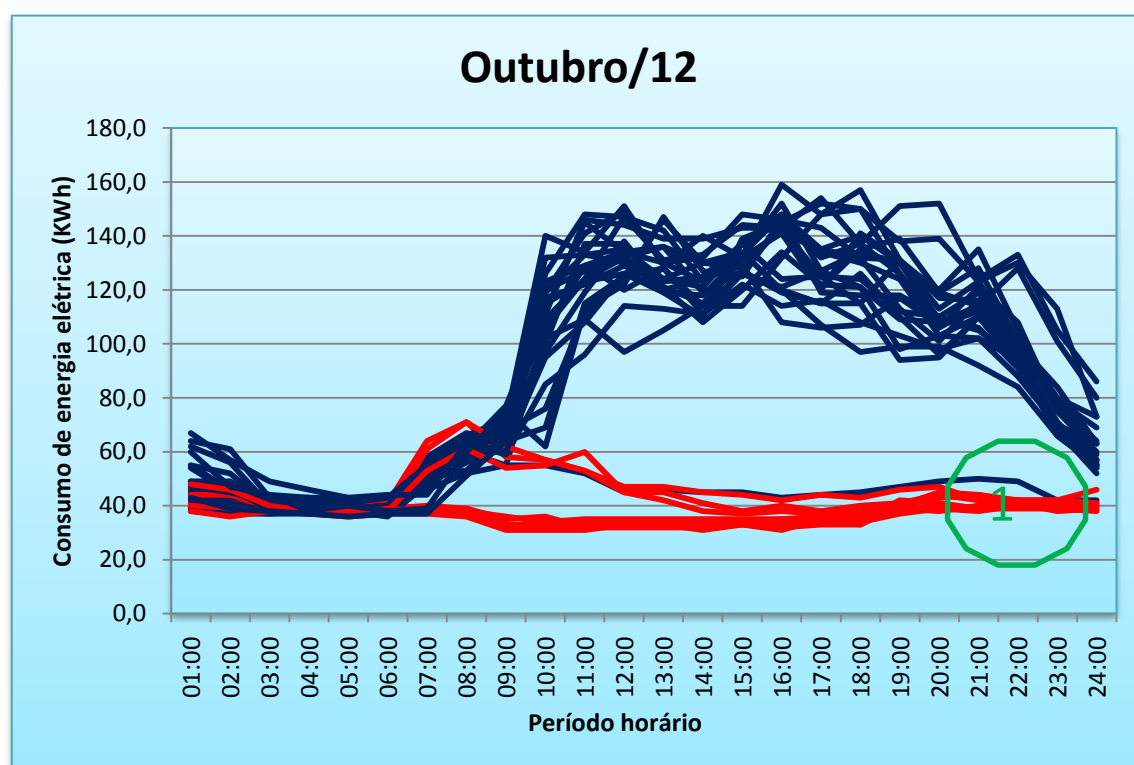


Gráfico 40 - Representação linear gráfica do mês de Outubro de 2012.

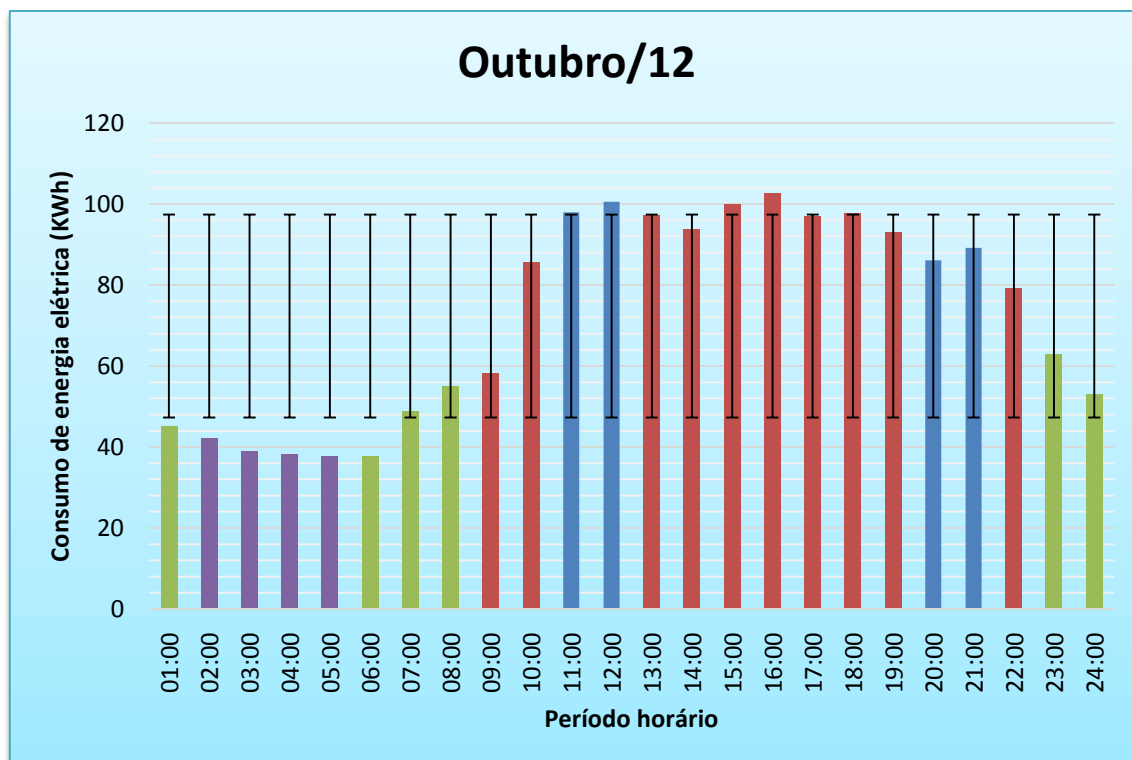


Gráfico 41 - Consumo médio por período horário no mês Outubro de 2012.

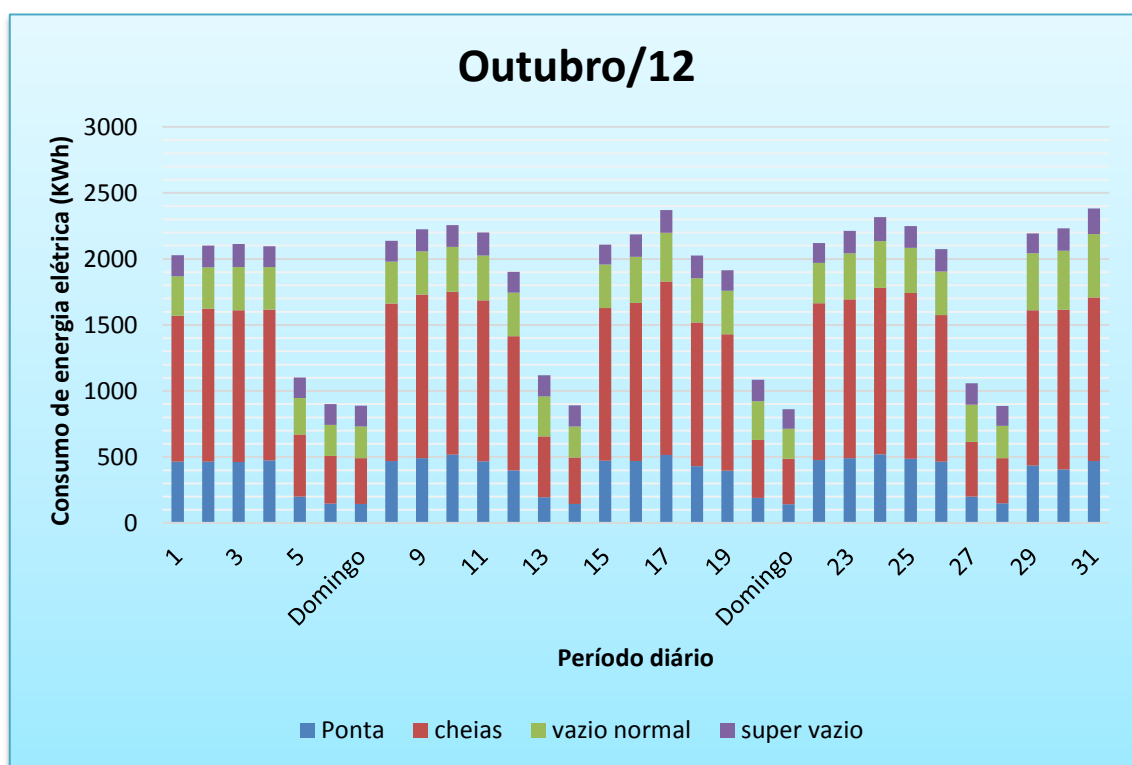


Gráfico 42 - Consumo total por período tarifário no mês de Outubro de 2012.

Os Gráficos 43 a 45 dizem respeito ao mês de Novembro de 2012. Os valores na representação linear mantêm um comportamento irregular, para tal contribui o feriado um de novembro, um consumo abaixo da média nos dias 2 e 14 e um aumento do consumo da última semana, o valor máximo ronda os 180kWh. Durante o mês Novembro no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 40 kWh chegando a duplicar das 10h às 22h sendo o máximo 110kWh. No consumo total e por período tarifário é detetável facilmente os dias de semana e os fins-de-semana. A escala de valores situa-se entre os 874kWh (dia 25 de Novembro Domingo) e os 2746 kWh (dia 27 de Novembro terça-feira).

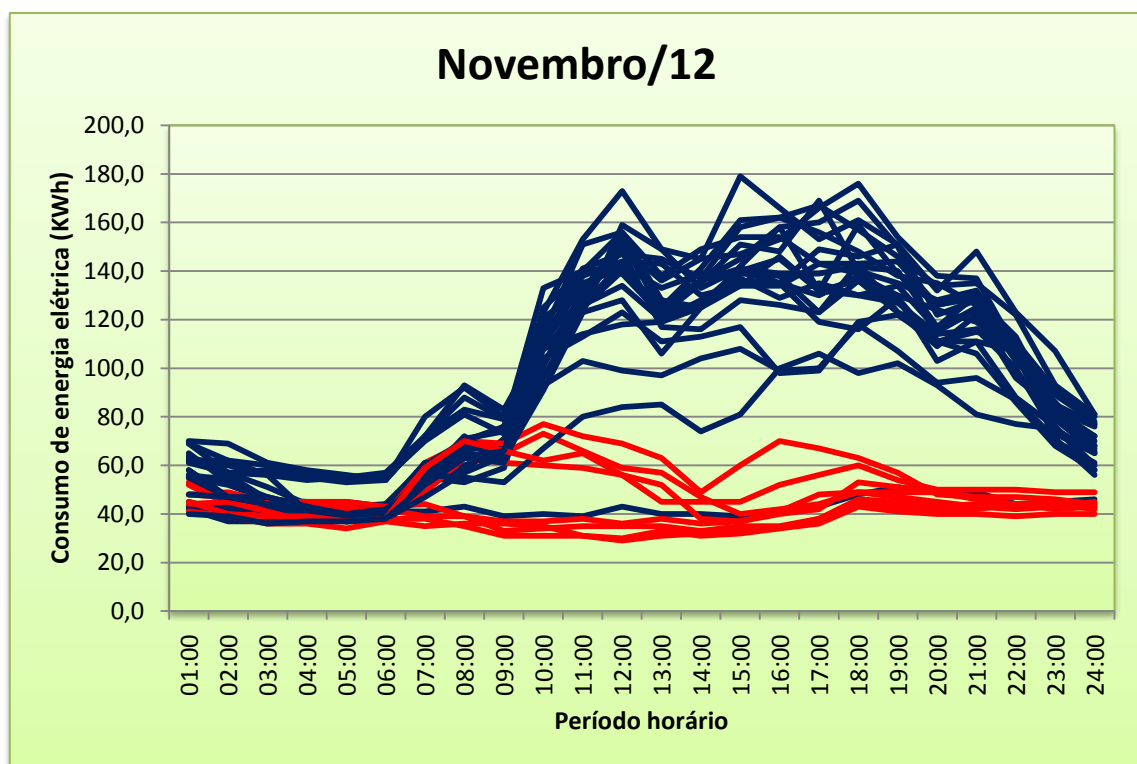


Gráfico 43 - Representação linear gráfica do mês de Novembro de 2012.

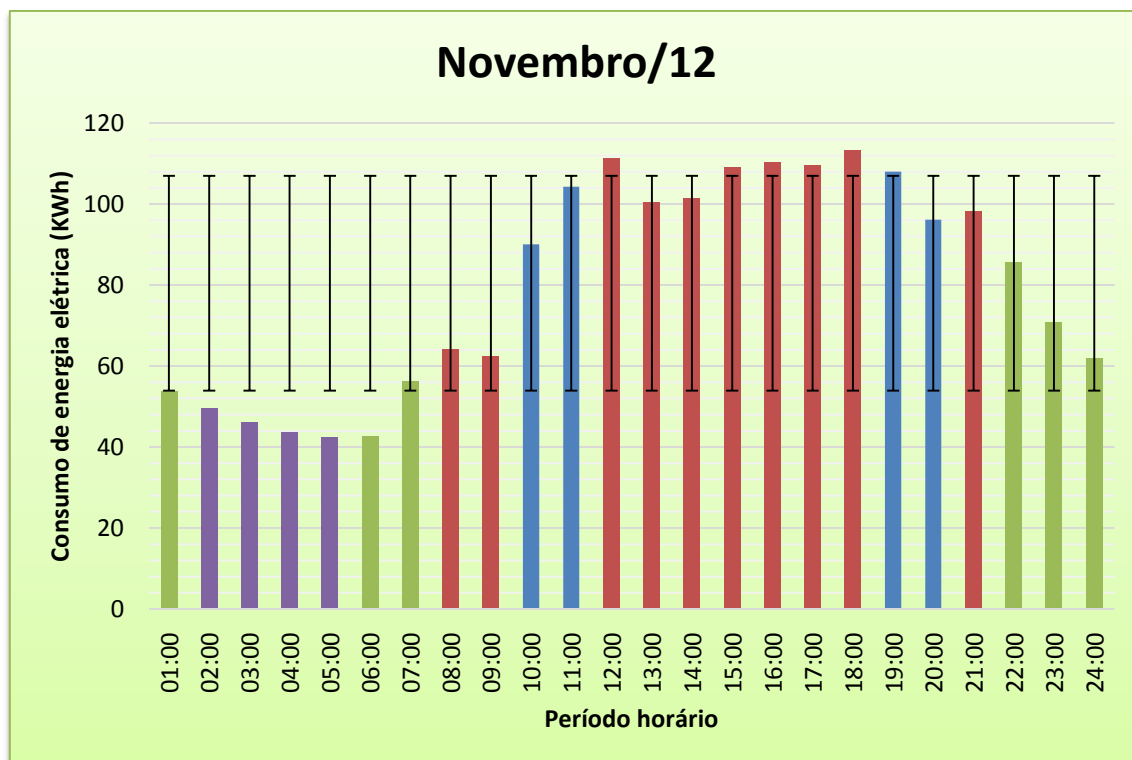


Gráfico 44 - Consumo médio por período horário no mês Novembro de 2012.

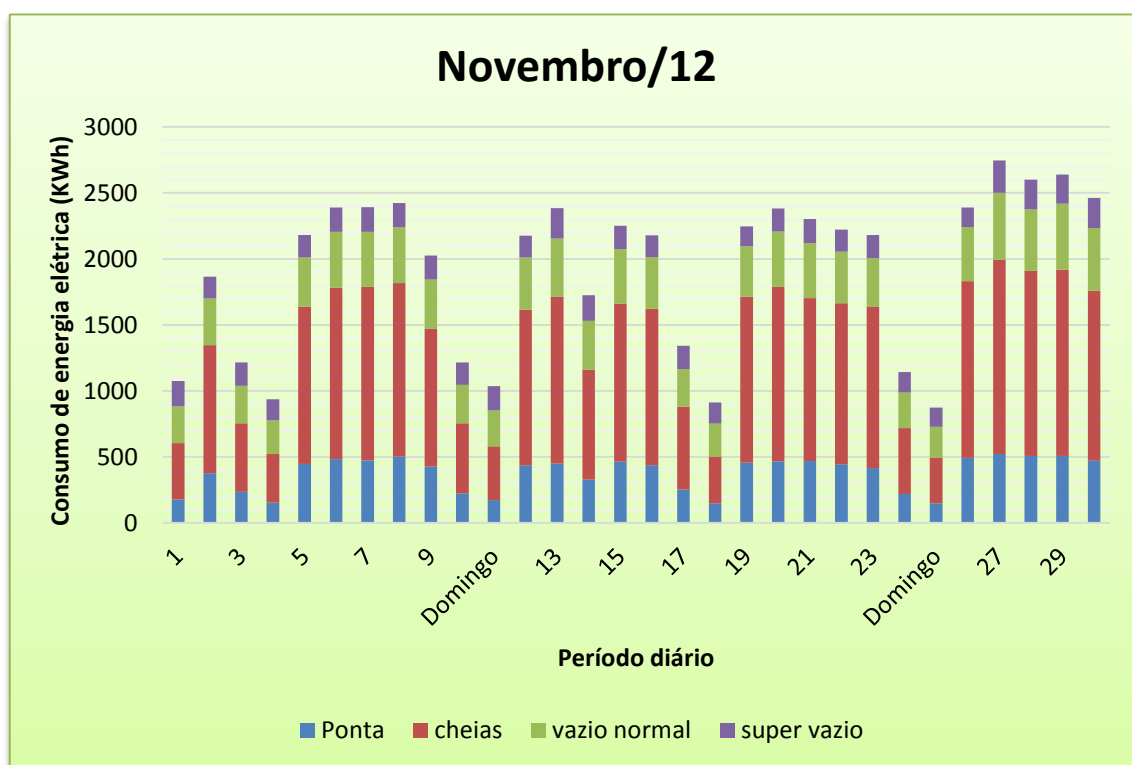


Gráfico 45 - Consumo total por período tarifário no mês de Novembro de 2012.

Os Gráficos 46 a 48 dizem respeito ao mês de Dezembro de 2012. Este é um mês onde o consumo vai decrescendo no decorrer do mesmo isto porque a partir do dia 17 de Dezembro começa o período de férias. Neste mês existiram dois cortes de energia (dia 14 e dia 28 ambos os dias são sexta-feira). O valor máximo ultrapassou os 180kWh. Durante o mês de Dezembro no que respeita ao consumo médio horário, existiu sempre um consumo na ordem dos 50 kWh, ultrapassando os 90 kWh apenas no período das 17h às 19h. No consumo total e por período tarifário consegue-se visualizar facilmente a redução do consumo a partir do 17 de Dezembro. A escala de valores situa-se entre os 739kWh (dia 25 de Dezembro terça-feira) e os 2923 kWh (dia 6 de Dezembro quinta-feira).

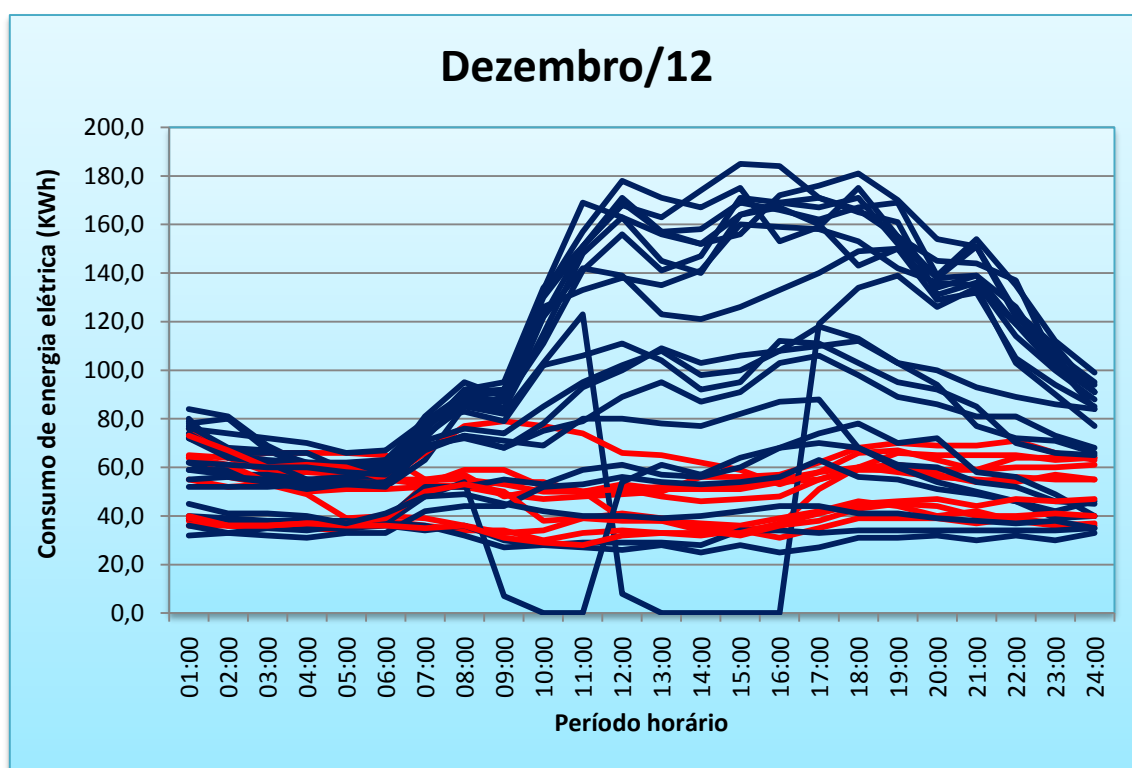


Gráfico 46 - Representação linear gráfica do mês de Dezembro de 2012.

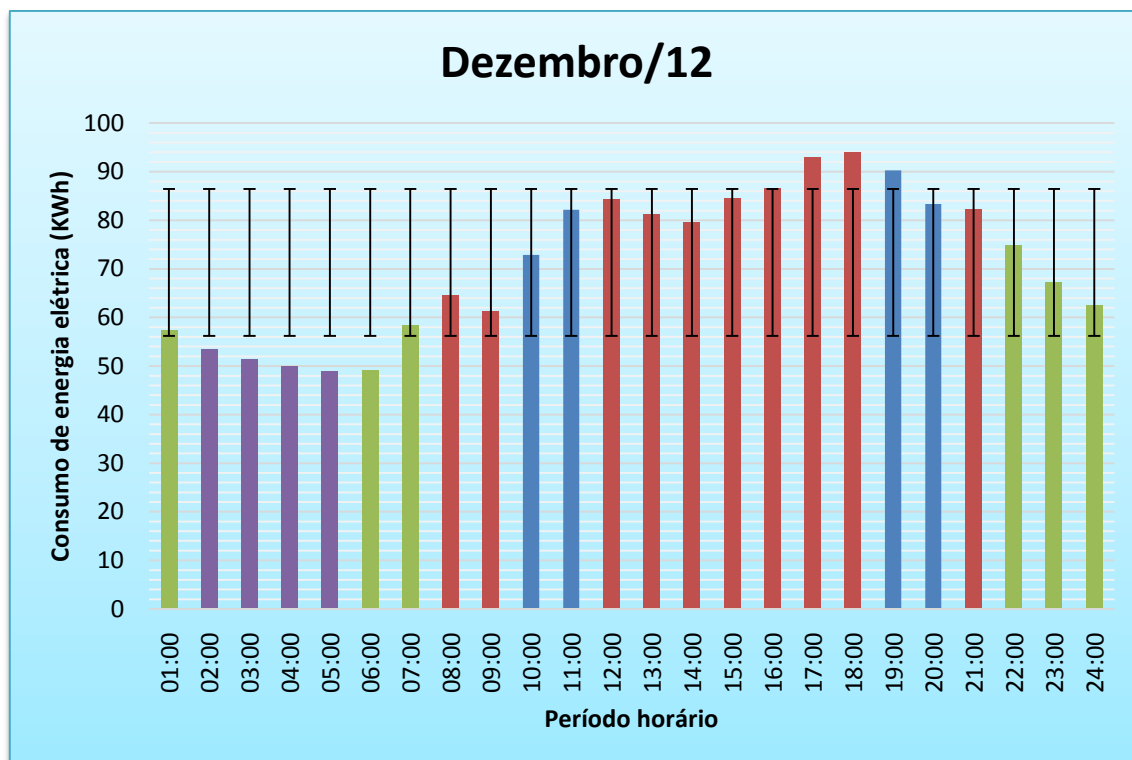


Gráfico 47 - Consumo médio por período horário no mês Dezembro de 2012.

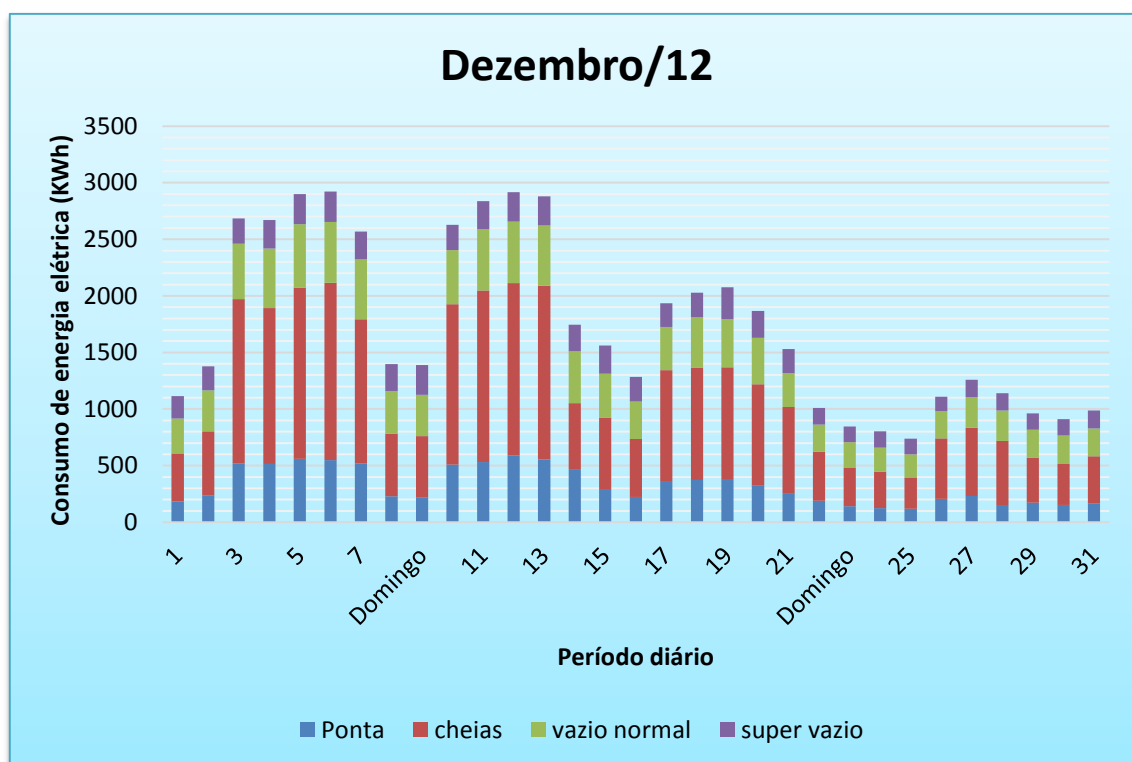


Gráfico 48 - Consumo total por período tarifário no mês de Dezembro de 2012.

No Gráfico 49 podemos observar a desagregação do consumo de energia ativa mensal por período de tarifário.

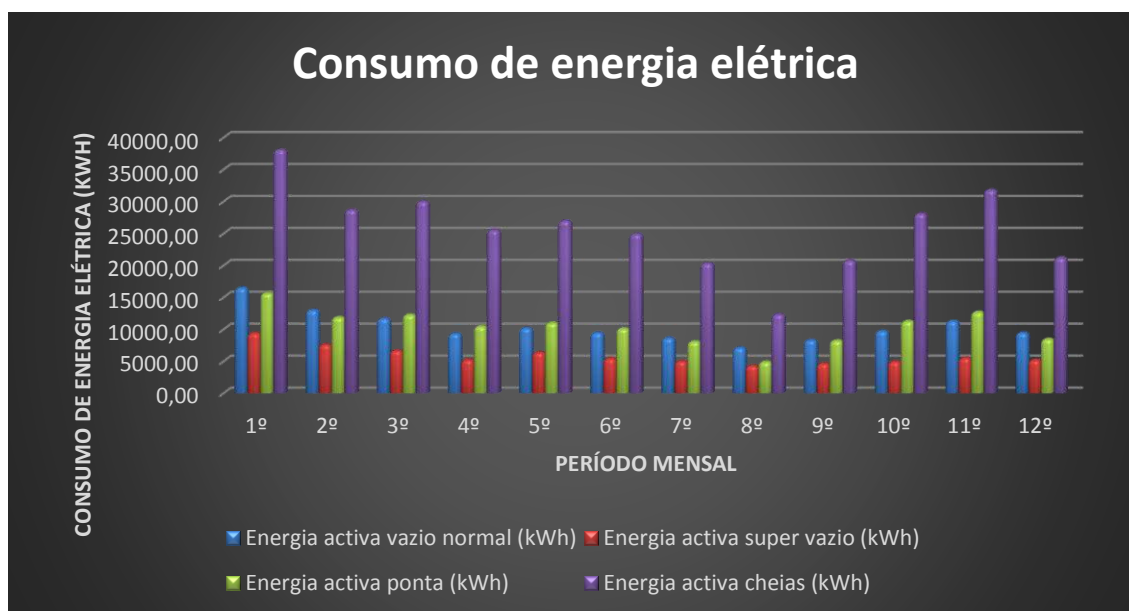


Gráfico 49 – Desagregação do consumo de energia ativa por mês e por período tarifário durante 2012

No Gráfico 50 podemos observar a desagregação do consumo de energia ativa anual por período de tarifário. O consumo nas cheias tem um peso de 49%, 20% para pontas e vazio normal e 11% para supervazio.

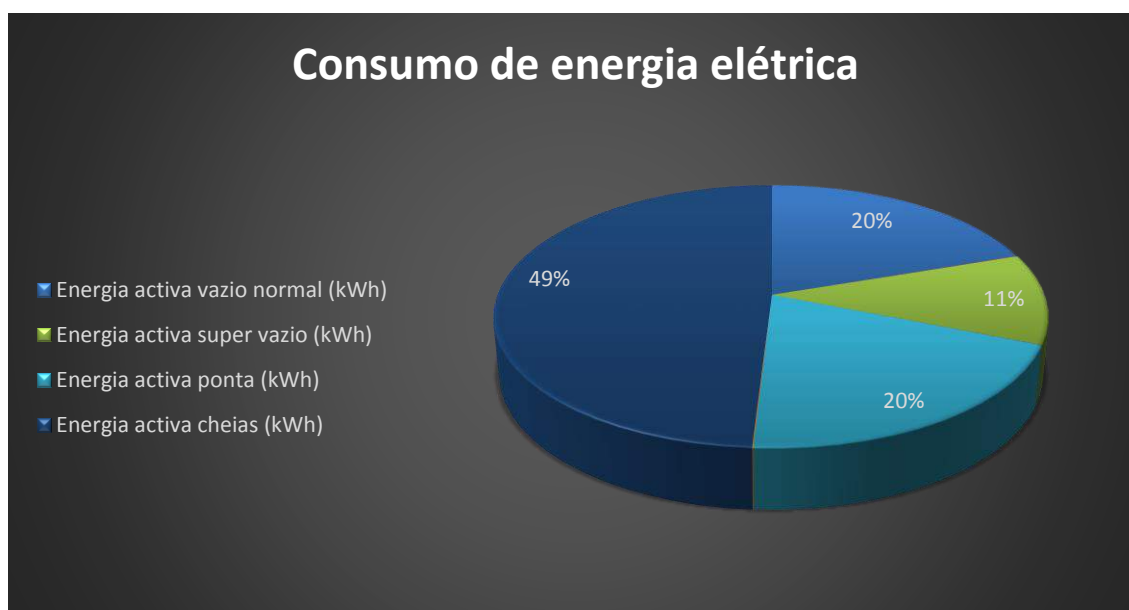


Gráfico 50 - Desagregação do consumo de energia ativa anual por período tarifário durante 2012

Como pode ser observado no Gráfico 51, ao longo dos 12 meses do período de referência, foi efetuado o levantamento do consumo medio diário para cada um dos 12 meses do ano de 2012.

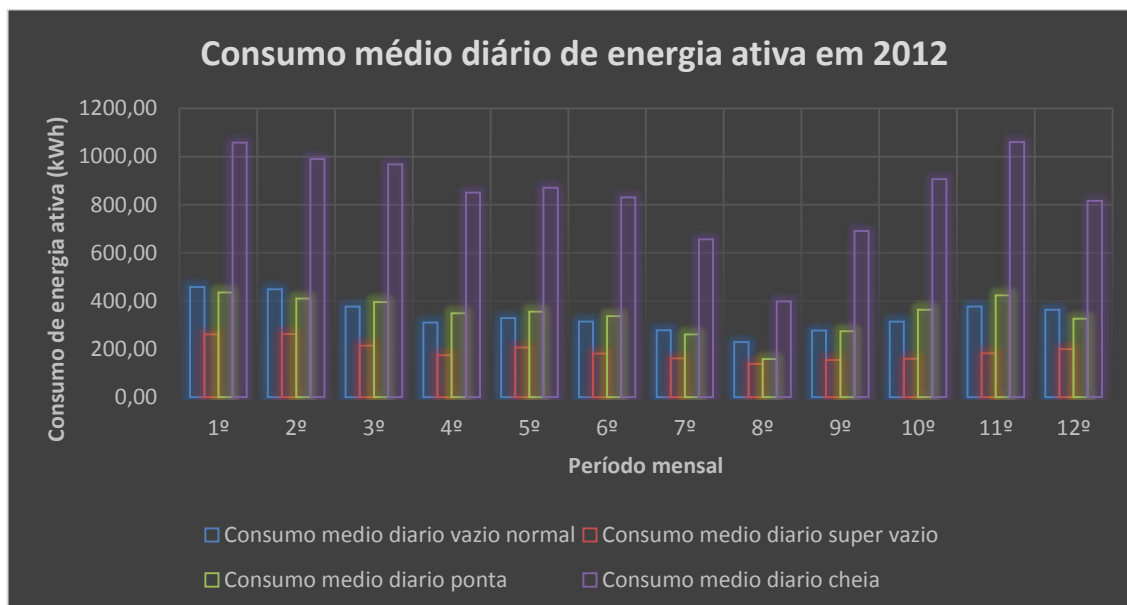


Gráfico 51 - Consumo médio diário de energia ativa no período de referência ano de 2012.

Através do Gráfico 52, pode ser observado a evolução do custo do kWh, para cada um dos períodos de consumo ao longo do período de referência 2012. O preço mais baixo está associado à energia consumida em supervazio, seguida pelo vazio normal, cheias e pontas

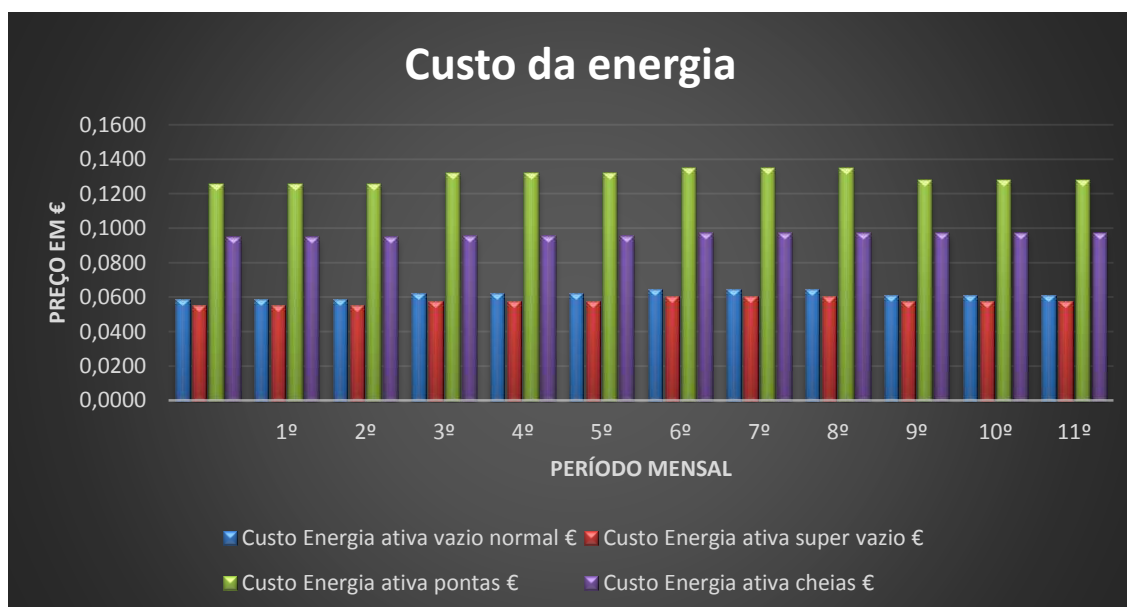


Gráfico 52 - Evolução dos preços da energia ao longo do período de referência.

Para o ano de 2012 e de um modo mensal, foi efetuado uma desagregação de custos por período tarifário como pode ser observado no Gráfico 53. De realçar que o maior custo está associado ao período das cheias.

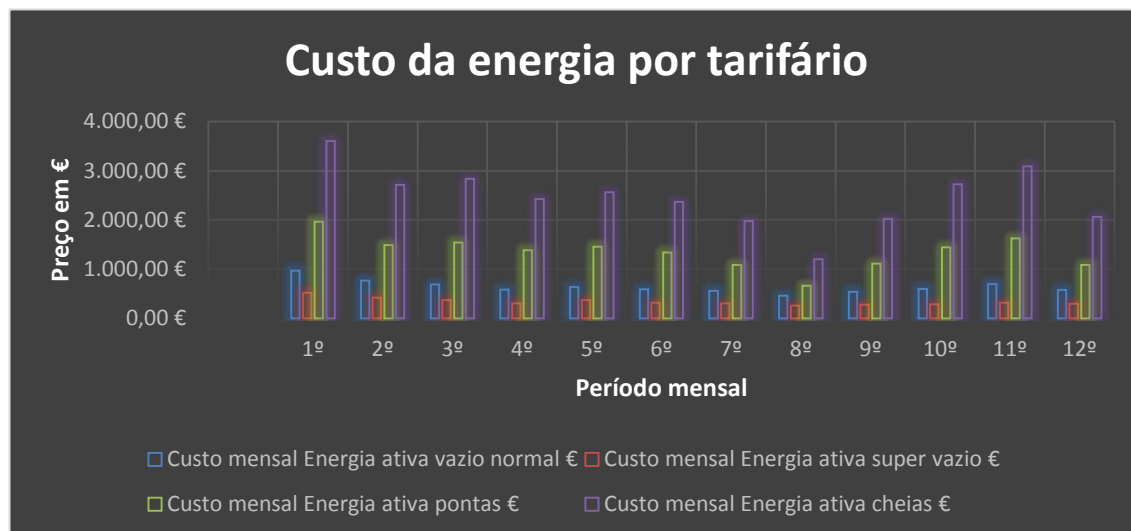


Gráfico 53 - Custo mensal da energia ativa durante 2012 por período tarifário.

Os encargos totais por período tarifário estão representados no Gráfico 54. De realçar que perto de 30 000€ é gasto no período de cheias, 16 000€ no período de pontas, 8 000€ no período de vazio normal e 4 000€ no período de supervazio.

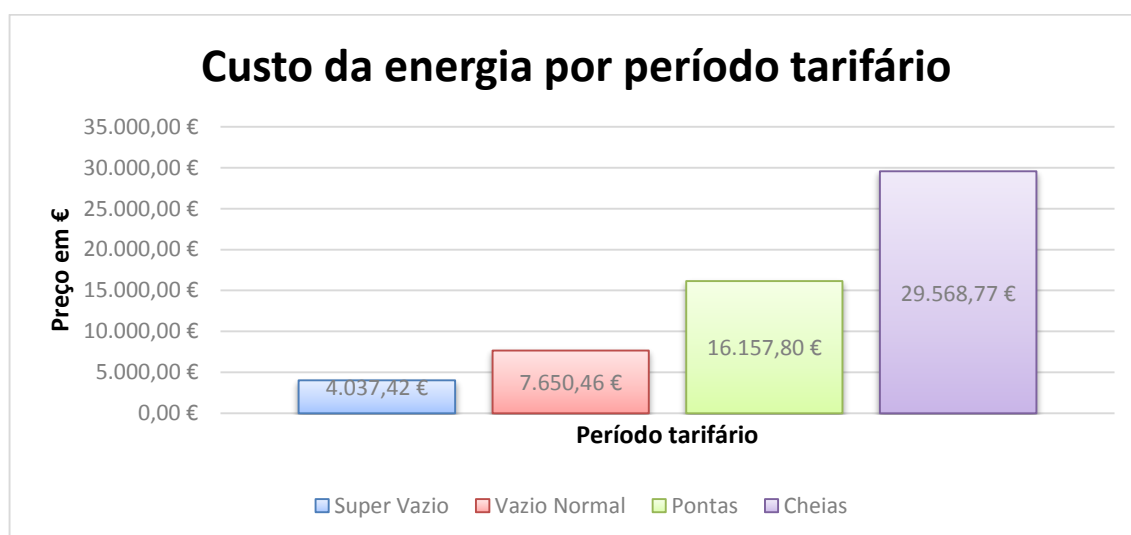


Gráfico 54 - Custo anual dos vários tipos de energia durante 2012.

A energia é transmitida por uma onda eletromagnética. A mesma contém uma parte magnética (energia reativa) e uma elétrica (energia ativa). As instalações elétricas além da energia ativa descrita acima, também consomem energia reativa (medida em kvarh) que não produz trabalho útil, mas é imprescindível para o bom funcionamento dos equipamentos. Ela é usada para gerar campos magnéticos, como no caso dos motores elétricos, balastros (reactâncias), lâmpadas fluorescentes, transformadores, etc. As instalações que não incorporam sistemas para Compensação de Energia Reativa, ou em que o mesmo, esteja mal dimensionado ou obsoleto, provocam deterioração dos equipamentos produtivos e encargos excessivos e desnecessários na fatura de energia elétrica. Estes encargos podem ser evitados com a instalação de baterias de condensadores, fixas ou automáticas, dimensionadas de acordo com as características de cada instalação.

A ERSE aprovou as novas regras de faturação de energia reativa de acordo os despachos n.º 7253/2010 e n.º 12605/2010, publicados no Diário da República, 2ª série, de 26 de Abril e de 4 de Agosto, respetivamente.

Em 1 de Janeiro de 2011 entrou em vigor o escalão correspondente a $\text{tg}\Phi > 0,5$ e em 1 de Janeiro de 2012 o referente ao escalão $0,4 > \text{tg}\Phi > 0,3$.

Os fatores multiplicativos (K) a aplicar ao preço de referência de energia reativa, por escalão de faturação de energia reativa indutiva são:

- Escalão 1 - para $\text{tg}\Phi$ maior ou igual a 0,3 e menor que 0,4 $K = 0,33$ (**Preço = 0,0075€**);
- Escalão 2 - para $\text{tg}\Phi$ maior ou igual a 0,4 e menor que 0,5 $K = 1,00$ (**Preço = 0,0226€**);
- Escalão 3 - para $\text{tg}\Phi$ maior ou igual a 0,5 $K = 3,00$ (**Preço = 0,0678€**).

Dentro da energia reativa, temos a capacitiva e indutiva. A indutiva pode-se ser ajustada através da utilização de condensadores para combater as necessidades existentes de motores e balastros ferromagnéticos. A capacitiva ocorre quando temos esses mesmos condensadores em excesso e estamos a fornecer energia reativa à instalação. Ambas são cobradas aos consumidores como energia consumida (indutiva) e fornecida (capacitiva). Os preços da indutiva estão indicadas anteriormente o preço da reativa é de 0,0169 €/ Kvarh. O

consumidor que paga esse tipo de energia é a indústria e os edifícios de serviços por efetuarem um uso mais elevado de motores e balastros magnéticos como é o caso da ESTG.

Nos Gráficos 55 a 59 podemos verificar uma grande alteração de consumos da energia reativa, isso deve-se ao facto de aquando do início da auditoria energética na ESTG se ter por intervir de imediato, já que a mesma iria trazer um retorno de 2 a 3 meses. Esta alteração está explicada no Subcapítulo 4.3.3. Como as grandes variações estão no 2º e 3º período são apresentados os gráficos lineares com a evolução ao longo do período, com os Gráficos 55 a 58 podemos visualizar o comportamento ao longo do ano.

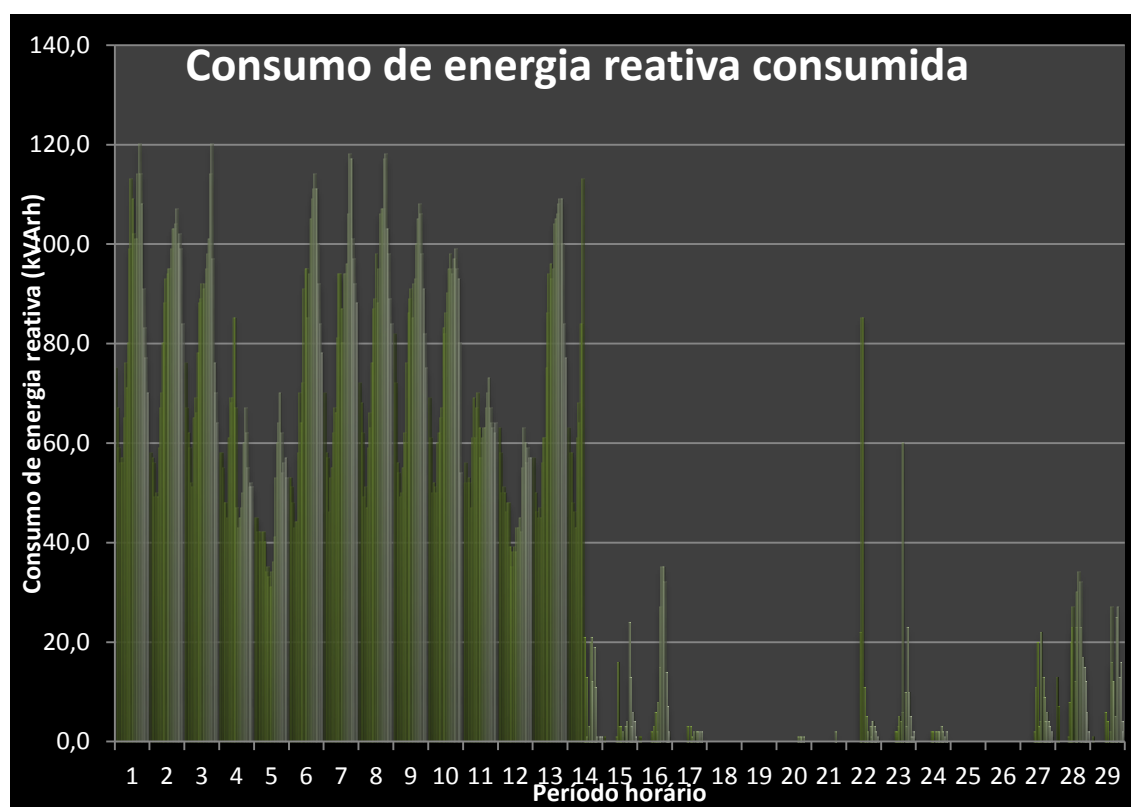


Gráfico 55 – Evolução de consumos de energia reativa consumida (indutiva) no mês de Fevereiro.

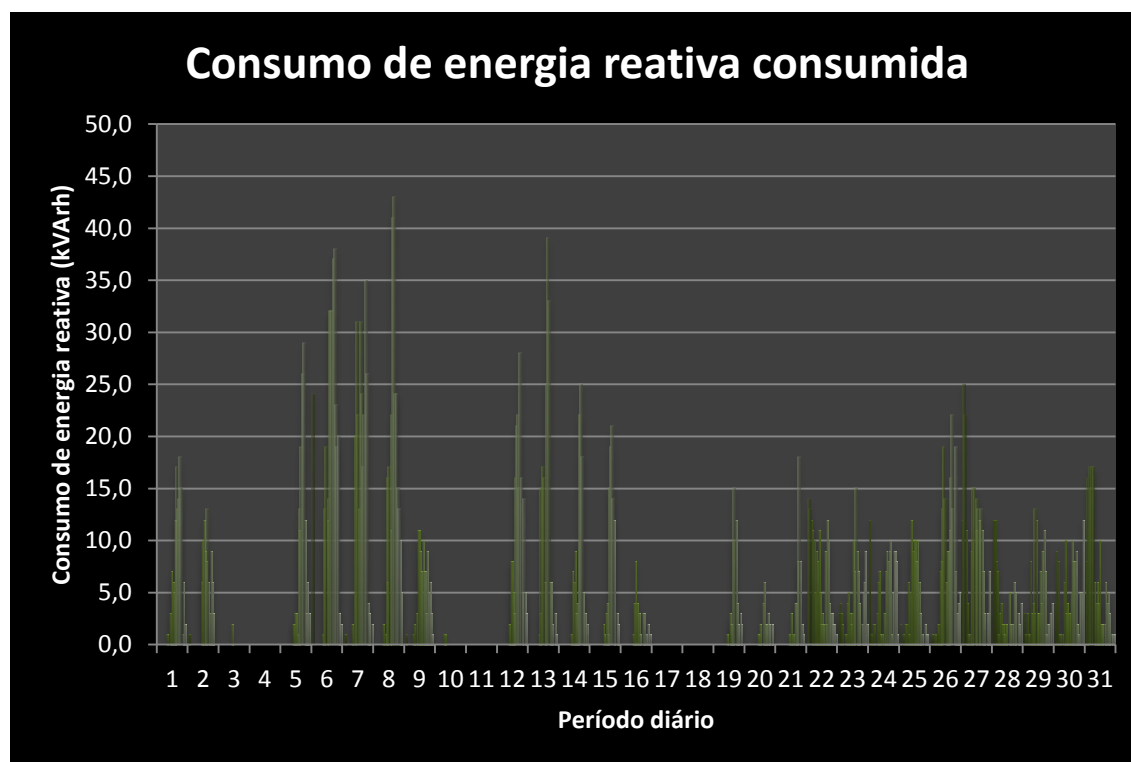


Gráfico 56 - Evolução de consumos de energia reativa consumida (indutiva) no mês de Março.

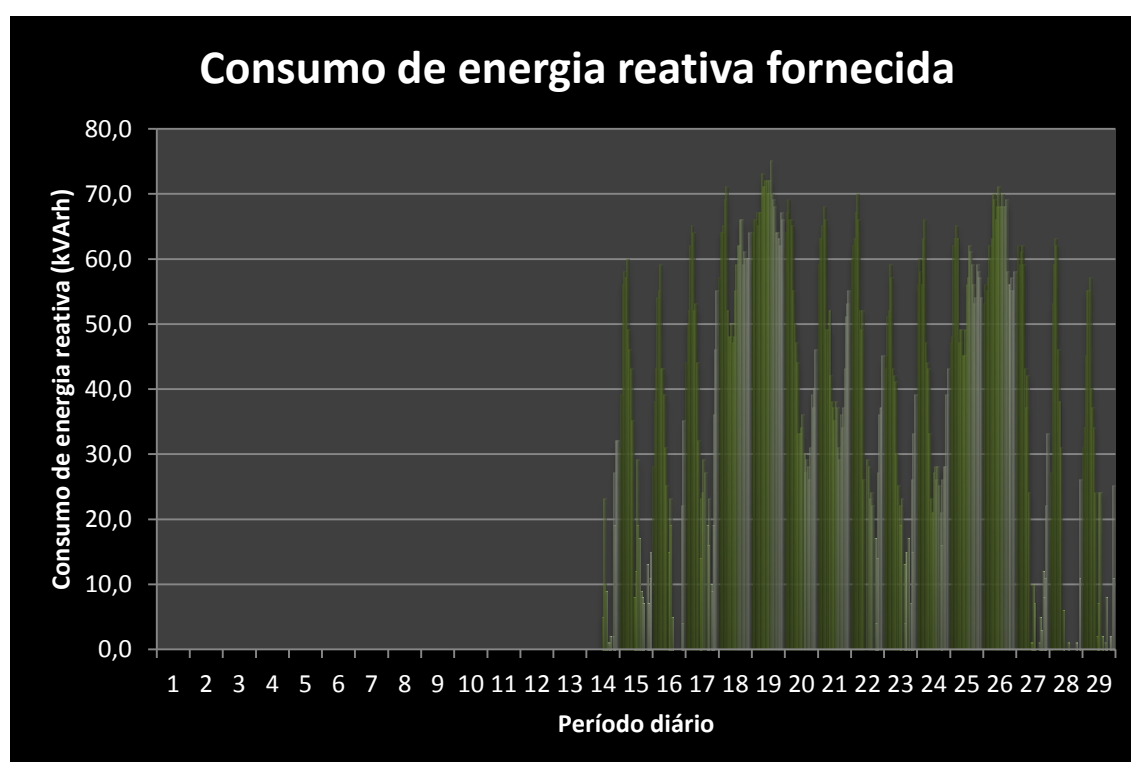


Gráfico 57 - Evolução de consumos de energia reativa fornecida (capacitiva) no mês de Fevereiro.

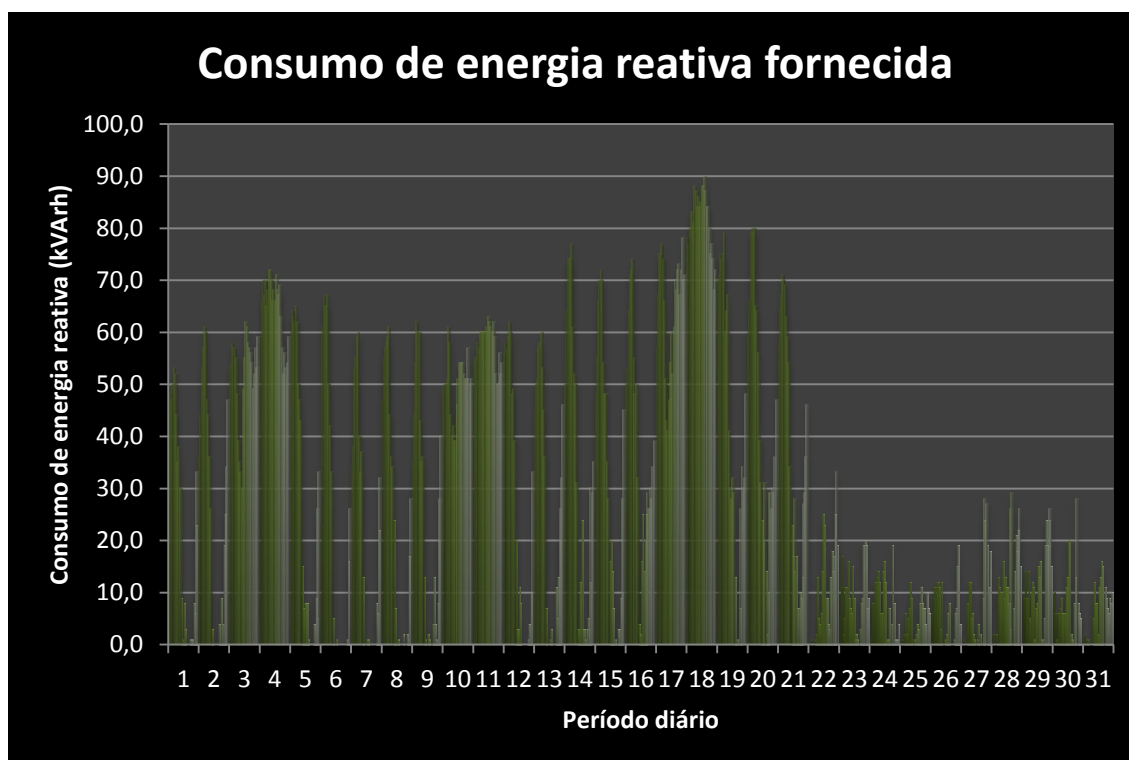


Gráfico 58 - Evolução de consumos de energia reativa fornecida (capacitiva) no mês de Março.

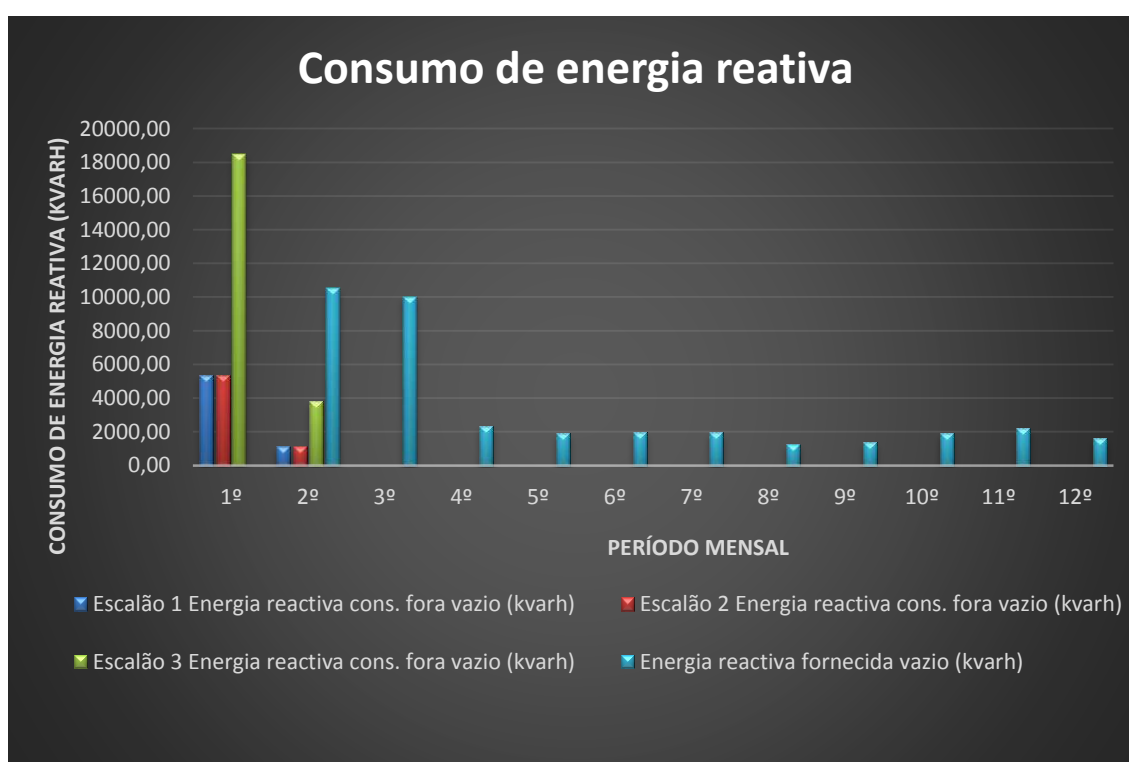


Gráfico 59 – Consumo de energia reativa nas várias vertentes durante o período de referência 2012.

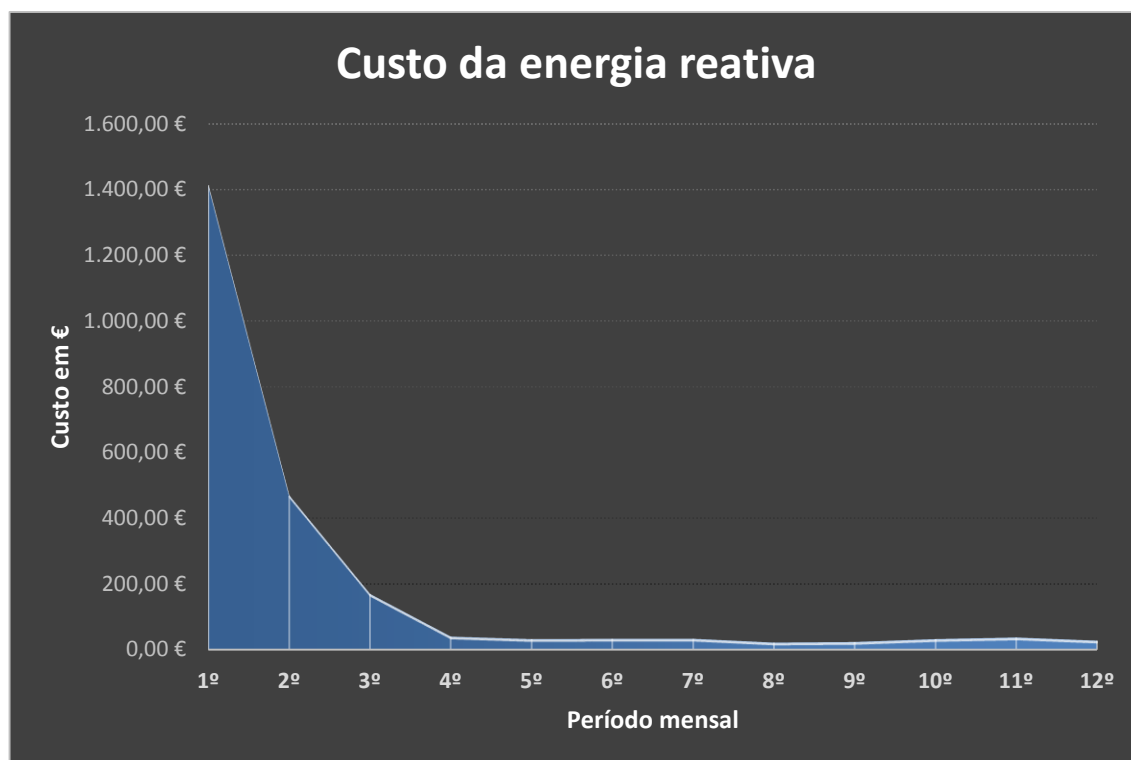


Gráfico 60 – Gasto mensal com e energia reativa durante 2012

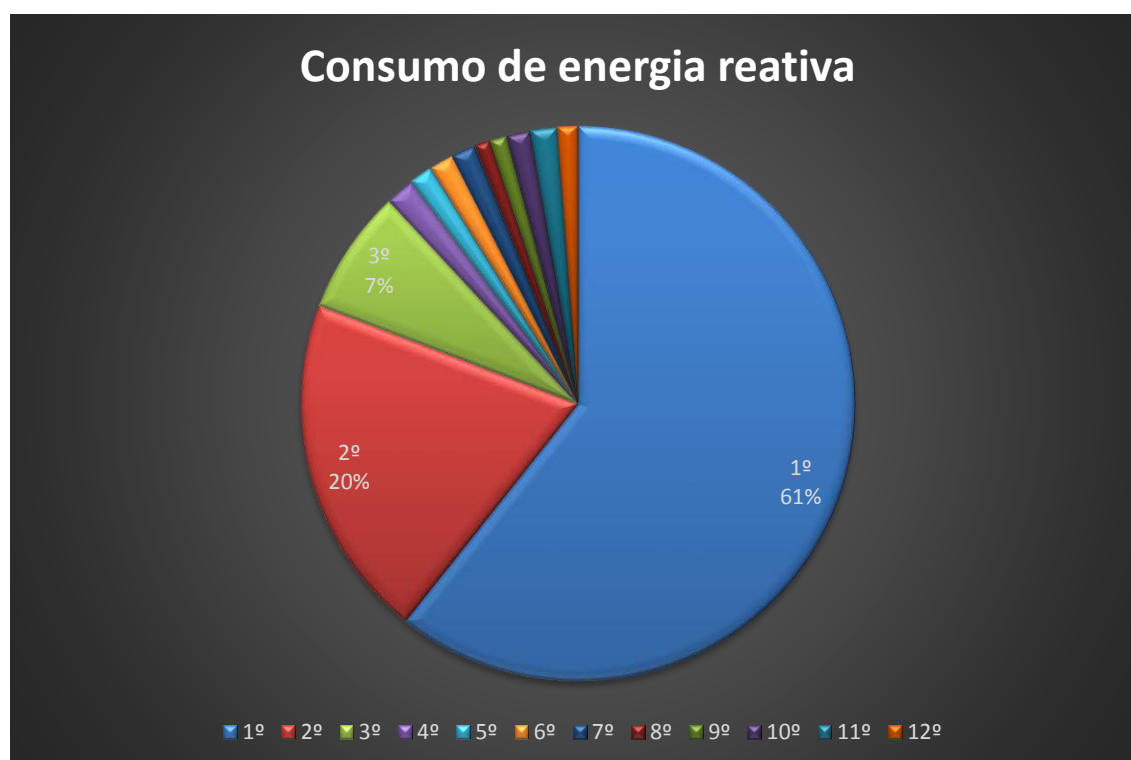


Gráfico 61 – Consumo mensal de energia reativa durante 2012

Na Tabela 9 e Gráfico 62, é apresentado um desdobramento mensal do valor da potência hora de ponta, potência contratada e termo tarifário.

A potência contratada (PC) é a potência que o distribuidor vinculado coloca, em termos contratuais, à disposição do cliente.

A potência em horas de ponta (PHP) é o quociente entre a energia ativa nas horas de ponta e o número de horas de ponta do período de tempo a que respeita a fatura.

O termo tarifário fixo corresponde aos preços de contratação, leitura, faturação e cobrança.

Tabela 9 - Valor mensal dos encargos com PC, PHP e termo tarifário.

Período	PC (kW)	Dias	Preço	Custo PC	PHP	Preço	Custo PHP	Preço	Custo termo tarifário
1º	372,00	36,00	0,0417 €	558,45 €	108,05	0,2972 €	1.156,0486 €	1,5759 €	56,73 €
2º	372,00	29,00	0,0417 €	449,86 €	102,36	0,2972 €	882,2204 €	1,5759 €	45,70 €
3º	372,00	31,00	0,0417 €	480,88 €	98,95	0,2972 €	911,6461 €	1,5759 €	48,85 €
4º	372,00	30,00	0,0417 €	465,37 €	87,13	0,2972 €	776,8511 €	1,5759 €	47,28 €
5º	372,00	31,00	0,0417 €	480,88 €	88,78	0,2972 €	817,9479 €	1,5759 €	48,85 €
6º	372,00	30,00	0,0417 €	465,37 €	84,30	0,2972 €	751,6188 €	1,5759 €	47,28 €
7º	372,00	31,00	0,0417 €	480,88 €	65,10	0,2972 €	599,7793 €	1,5759 €	48,85 €
8º	372,00	31,00	0,0417 €	480,88 €	39,52	0,2972 €	364,1057 €	1,5759 €	48,85 €
9º	372,00	30,00	0,0417 €	465,37 €	68,60	0,2972 €	611,6376 €	1,5759 €	47,28 €
10º	372,00	31,00	0,0417 €	480,88 €	90,90	0,2972 €	837,4799 €	1,5759 €	48,85 €
11º	372,00	30,00	0,0417 €	465,37 €	105,83	0,2972 €	943,5803 €	1,5759 €	47,28 €
12º	372,00	26,00	0,0417 €	403,32 €	81,40	0,2972 €	628,9941 €	1,5759 €	40,97 €
Total				5.677,54 €			9.281,91 €		576,78 €

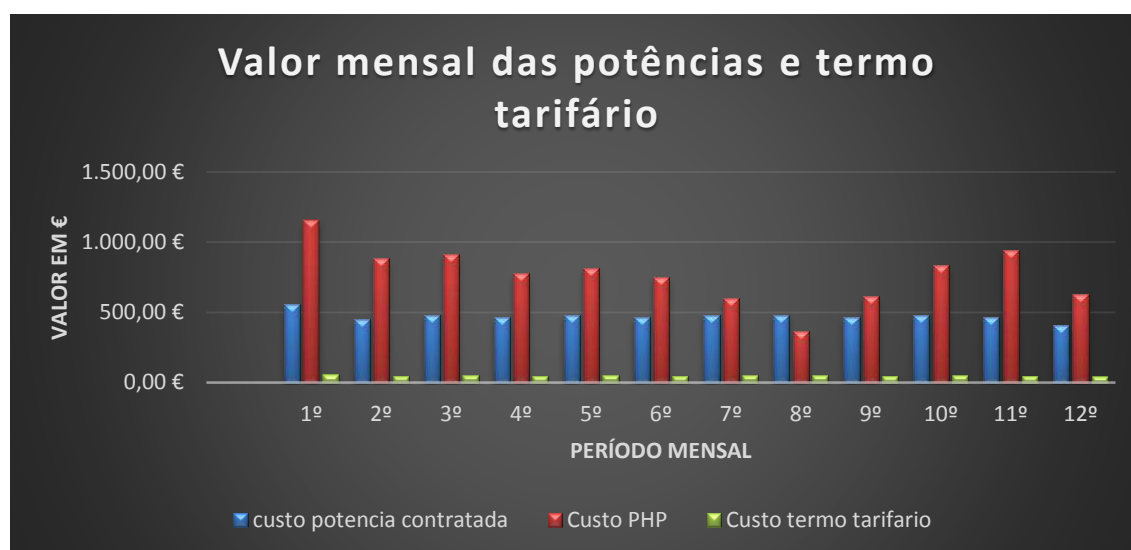


Gráfico 62 - Valor mensal das potências e termo tarifário em 2012

O Gráfico 63, representa os encargos em 2012 com a potência contratada, potência horas de ponta e termo tarifário. Consta-se que 60 % corresponde à potência em horas de ponta, 36% à potência contratada e 4% ao termo tarifário.

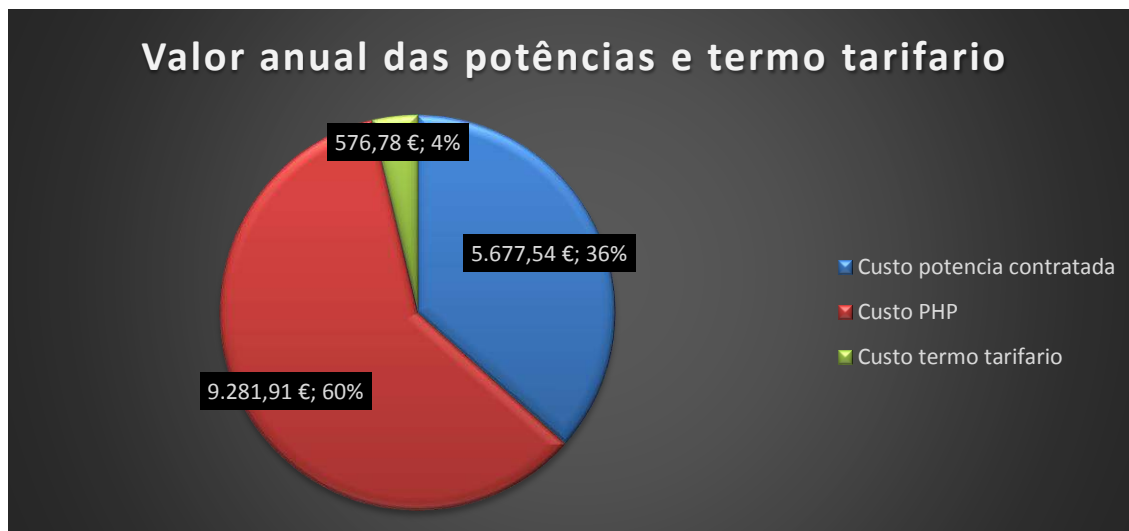


Gráfico 63 - Valor anual das potências e termo tarifário.

Neste ponto e com recurso aos dados que se seguem, procedeu-se aos cálculos de conversão de energia de forma a traduzir os consumos iniciais apresentados em kWh a Energia Elétrica nas formas de Energia Primária (tep), Energia Final (GJ) e emissões de dióxido de carbono, respetivas.

- Energia Elétrica
 - Energia Primaria (tep)

$$EP (tep) = EP (kWh) \times FC \text{ (Equação 1)}$$

$$EP = \text{Energia Primária}$$

De acordo com o Anexo II da Diretiva 2006/32/CE onde o $\eta_{\text{elétrico}}$ é igual a 0,4 então $1kWh = 215 \times 10^{-6} \text{ tep}$

$$FC = \text{Factor de conversão} = 0,215^{-3} \text{ isto porque } 1KWh = 215 \times 10^{-6} \text{ tep}$$

- Energia Final (GJ)

$$EF (GJ) = \left(\frac{EP (kWh)}{1000} \right) \times FC \text{ (Equação 2)}$$

$$EF = \text{Energia Final}$$

$$EP = \text{Energia Primária}$$

$$FC = \text{Factor de conversão} = 3,6 \text{ isto porque } 1kWh = 3,6MJ$$

○ Emissões (tCO₂)

$$E (tCO_2) = EP (kWh) \times FE(tCO_2) \text{ (Equação 3)}$$

$$E = \text{Emissões (tCO}_2\text{)}$$

$$EP = \text{Energia Primária}$$

Para o fator de emissão associado ao consumo de eletricidade o valor é de 0,47KgCO₂ e/kWh

$$FE = \text{Factor de emissão de gases de efeito de estufa} = 0,47^{-3}tCO_2$$

A instalação consumiu 628667 kWh de eletricidade valor do qual se decompõe nas restantes unidades equivalentes da seguinte forma:

$$✓ \text{ Energia Primária (tep)} = 628667 kWh \times 0,215^{-3} = 135,16 \approx 135 tep$$

$$✓ \text{ Energia Final J(GJ)} = \left(\frac{628667 kWh}{1000} \right) \times 3,6 = 2263,2012 \approx 2263 GJ$$

$$✓ \text{ Emissões (tCO}_2\text{)} = 628667 kWh \times 0,47^{-3}tCO_2 = 295,47 \approx 295 tCO_2$$

Na Tabela 10, estão representadas as conversões efetuadas para as várias formas de energia ao longo do ano de 2012.

Tabela 10 – Varias conversões de energia elétrica durante 2012.

Período	Energia ativa (kWh)	Energia primária (tep)	Energia final (GJ)	Emissões (tCO ₂)
1º	79623,00	17,12	286,64	37,42
2º	61163,00	13,15	220,19	28,75
3º	60629,00	13,04	218,26	28,50
4º	50513,00	10,86	181,85	23,74
5º	54548,00	11,73	196,37	25,64
6º	49900,00	10,73	179,64	23,45
7º	42035,00	9,04	151,33	19,76
8º	28655,00	6,16	103,16	13,47
9º	41948,00	9,02	151,01	19,72
10º	54038,00	11,62	194,54	25,40
11º	61290,00	13,18	220,64	28,81
12º	44325,00	9,53	159,57	20,83
Total	628667,00	135,16	2263,20	295,47

Os Gráficos 64 a 67 dizem respeito ao consumo total de energia elétrica (ativa) durante 2012, a conversão da mesma nas várias formas de energia e emissões num período mensal. Os meses com maior consumo são os típicos de inverno (Janeiro, Fevereiro, Março Outubro e Novembro), o mês de Dezembro apresenta um valor mais baixo que os restantes, porque durante a última quinzena do mês existe uma paragem letiva para férias do natal.

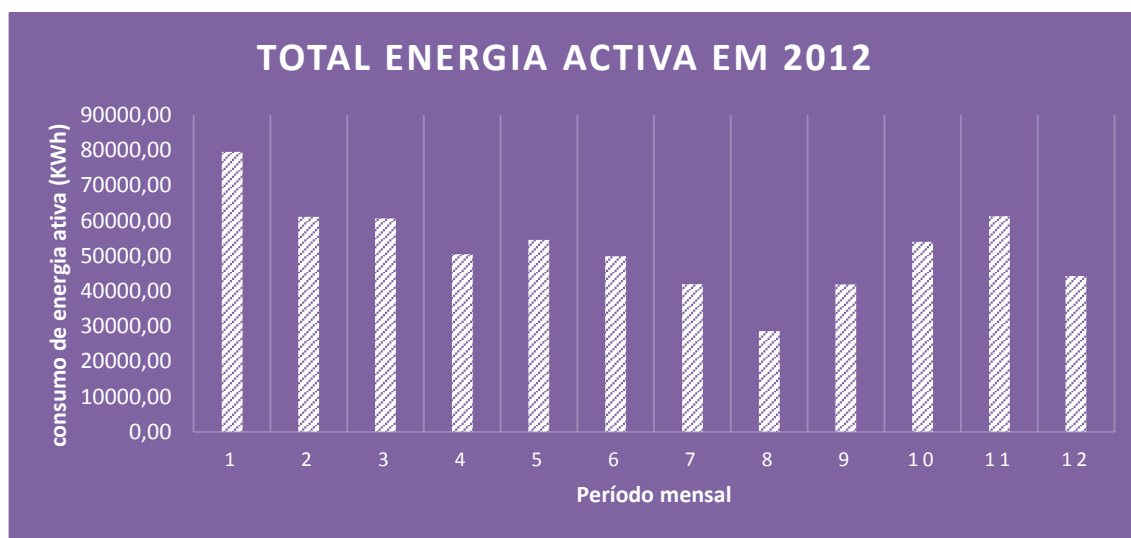


Gráfico 64 – Total de energia ativa consumida em 2012.

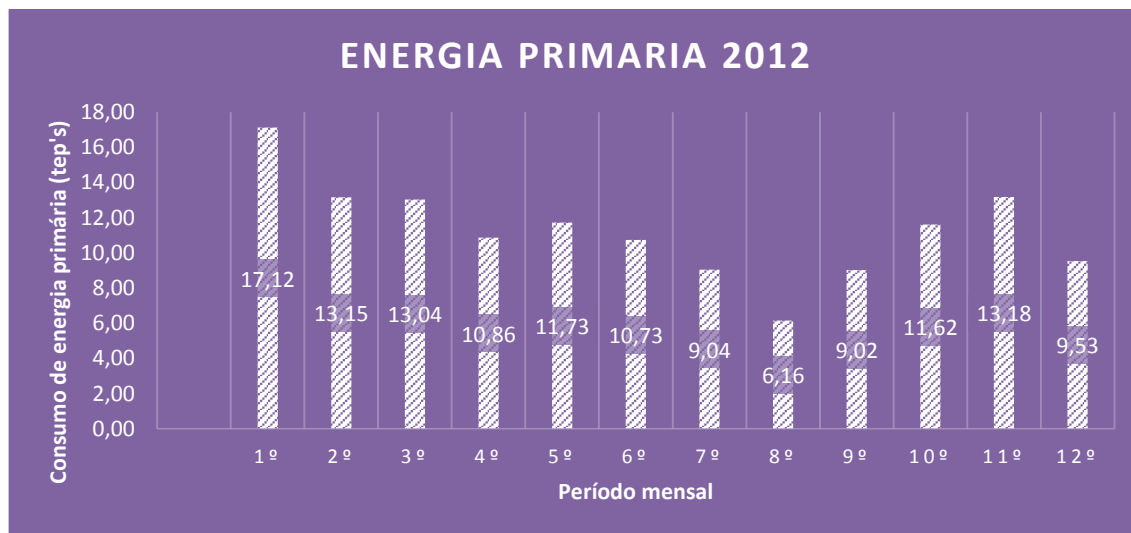


Gráfico 65 – Consumo de energia primária mensal durante 2012.

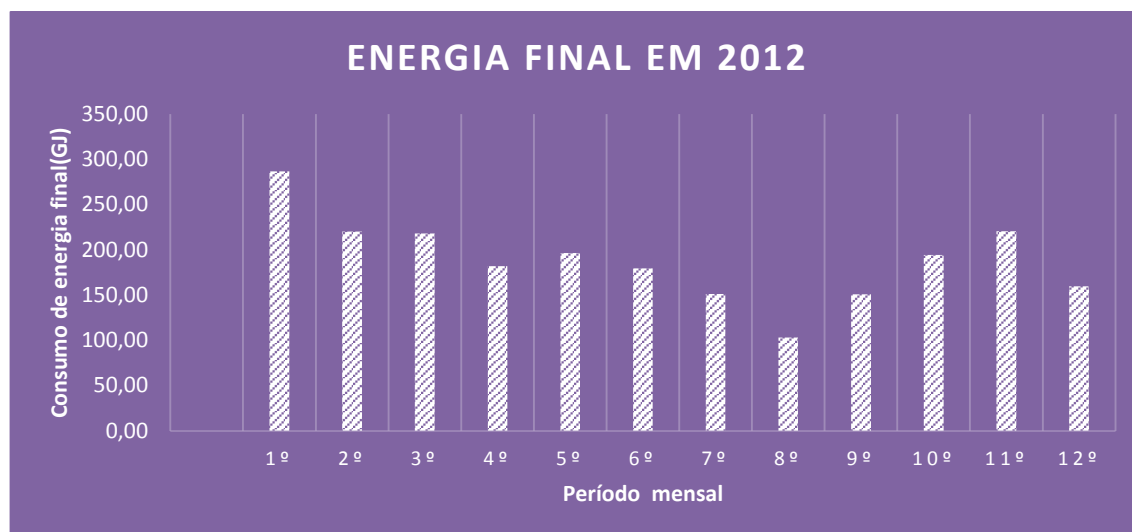


Gráfico 66 - Consumo de energia final mensal durante 2012

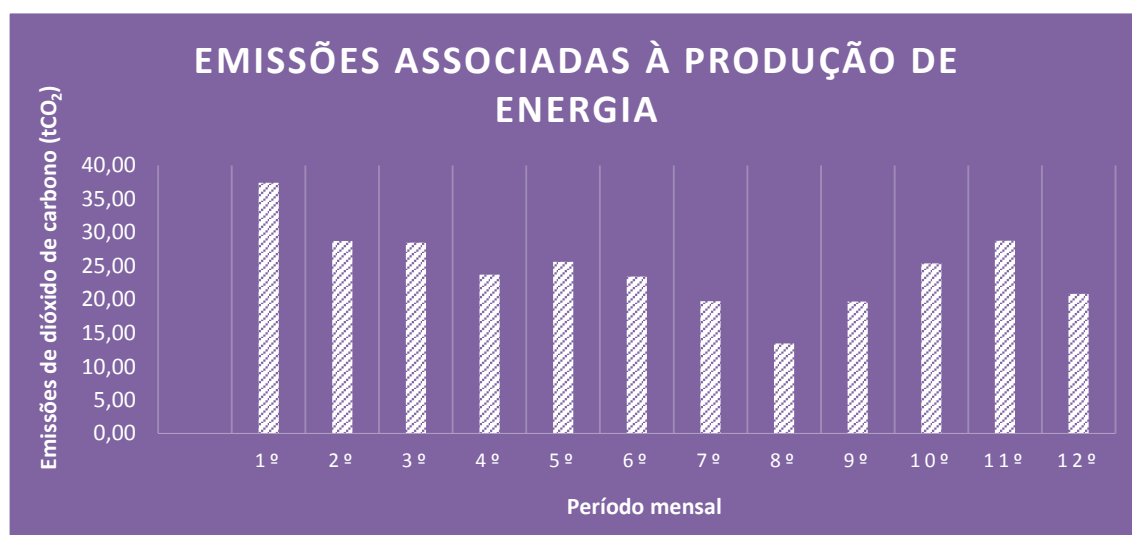


Gráfico 67 - Emissões de dióxido de carbono associadas à produção de energia durante 2012.

Os consumos de Eletricidade no campus da ESTG, dividem-se em vários edifícios e vários tipos de utilização. Todos os edifícios entram no estudo com exceção da biblioteca que tem um posto de transformação próprio. No entanto o edifício da Biblioteca entra no estudo do consumo de gás natural.

Através da utilização de dois analisadores de rede representados na Figura 31 - Analisador de rede PQA84, foram efetuadas medições no local. Essas medições correspondem, numa primeira fase, à saída do transformador e à saída para o edifício principal. Numa segunda fase efetuou-se a medição à saída para o quadro da central térmica com compressor e à saída

para o Bloco Oficinal. Destas medições surgiram os dados para a elaboração do Gráfico 68 e do fluxograma representado na Figura 33. De realçar que o edifício principal é o edifício com maior consumo ficando com 66% do consumo global de energia elétrica da ESTG.



Figura 31 - Analisador de rede PQA84



Figura 32 - Analisador de rede GSC 53N

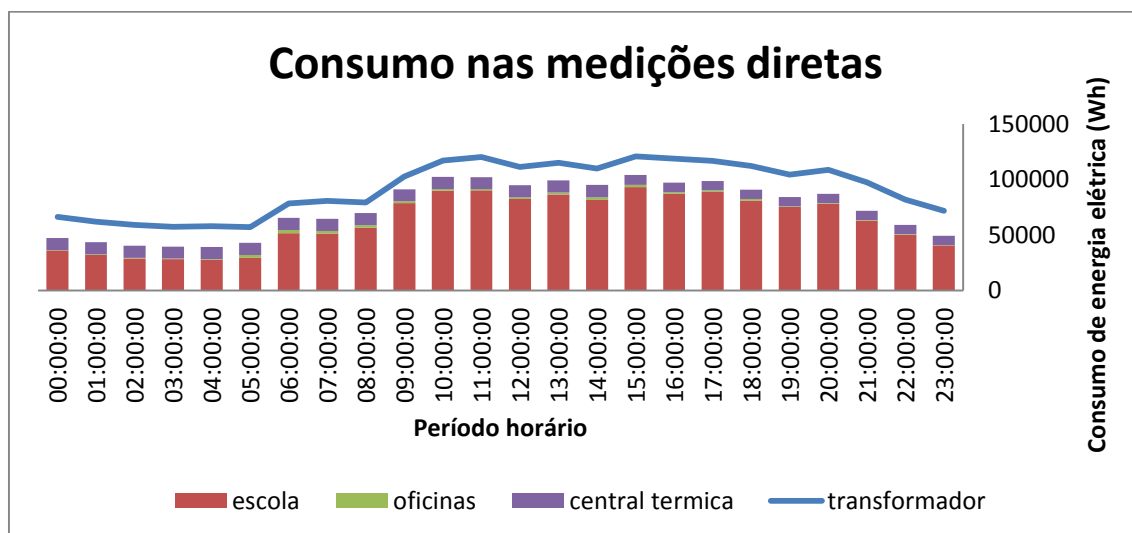


Gráfico 68 – Consumo obtido pelas medições dos analisadores de rede.

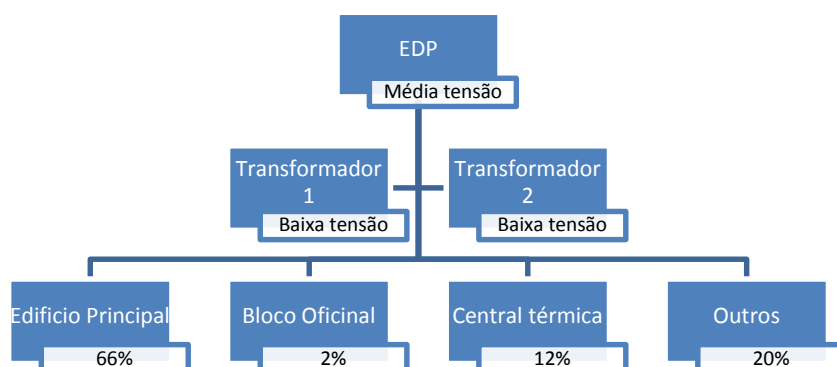


Figura 33 – Fluxograma da distribuição de energia dentro da ESTG.

3.4. Consumo anual de gás natural

A análise do consumo de gás, foi estabelecida no período de referência de 2012. A tarifa contratada para este campus foi **Escalaço 1 de baixa pressão (BP)**. Os itens a ser faturados são Consumo Medido Escalão 1 de BP, onde se multiplica o consumo em kWh pelo preço unitário, o termo tarifário fixo escalaço 1 de BP, onde se multiplica o número de dias pelo preço do tarifário fixo, acrescentou-se os impostos associados (iva a 23%). De referir que para o último período e a partir de 2013, surgiu Imposto Especial de Consumo GN Combustível onde se multiplica o consumo em kWh por um valor unitário de 0,00108 €. Devido às faturas não terem sido mensais, foi construída a Tabela 9, onde os períodos considerados foram o início e o final de cada fatura, incluindo o respetivo número de dias.

Tabela 11 – Descrição dos períodos e o número de dias correspondentes.

Período	Inicial	Final	Dias
1ºPeríodo	21/01/2012	09/02/2012	20
2ºPeríodo	10/02/2012	12/03/2012	32
3ºPeríodo	13/03/2012	17/04/2012	36
4ºPeríodo	18/04/2012	17/05/2012	30
5ºPeríodo	18/05/2012	19/06/2012	33
6ºPeríodo	20/06/2012	18/07/2012	29
7ºPeríodo	19/07/2012	23/08/2012	36
8ºPeríodo	24/08/2012	17/09/2012	25
9ºPeríodo	18/09/2012	15/10/2012	28
10ºPeríodo	16/10/2012	21/11/2012	37
11ºPeríodo	22/11/2012	19/12/2012	28
12ºPeríodo	20/12/2012	31/01/2013	43

Em relação a fatura do Gás Natural é importante referir que o consumo é apresentado na unidade de energia (kWh), para além do valor medido em volume (m³), de forma a dar cumprimento as diretrizes Europeias para uniformizar o sistema. A conversão de m³, para kWh é obtida com base na equação 4 que se segue. De referir que nas faturas do Gás Natural também consta o fator Poder Calorífico Superior (PCS) mensal que serviu de base à converter de m³ para kWh conforme equação 4(Galp, 2012).

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{consumo (m}^3\text{)} \times \text{PCS} \times \text{FCV (Equação 4)}$$

Sendo que:

PCS = Poder Calorífico Superior do Gás Natural – este valor durante o ano sofre bastantes alterações.

FCV = Fator de Correção de Volume = 1.

Na Tabela 12 e no Gráfico 69, está representada a evolução do PCS do gás natural ao longo dos 12 períodos que constituem o ano de 2012.

Tabela 12 – Variação PCS ao longo do período de referência

Período	Inicial	Final	PCS
1ºPeríodo	21/01/2012	09/02/2012	11,88253413
2ºPeríodo	10/02/2012	12/03/2012	11,81170838
3ºPeríodo	13/03/2012	17/04/2012	11,77234626
4ºPeríodo	18/04/2012	17/05/2012	11,81134710
5ºPeríodo	18/05/2012	19/06/2012	11,81813003
6ºPeríodo	20/06/2012	18/07/2012	11,76807200
7ºPeríodo	19/07/2012	23/08/2012	11,89039200
8ºPeríodo	24/08/2012	17/09/2012	11,93165600
9ºPeríodo	18/09/2012	15/10/2012	11,88358900
10ºPeríodo	16/10/2012	21/11/2012	11,92138700
11ºPeríodo	22/11/2012	19/12/2012	11,85271600
12ºPeríodo	20/12/2012	31/01/2013	11,86915600

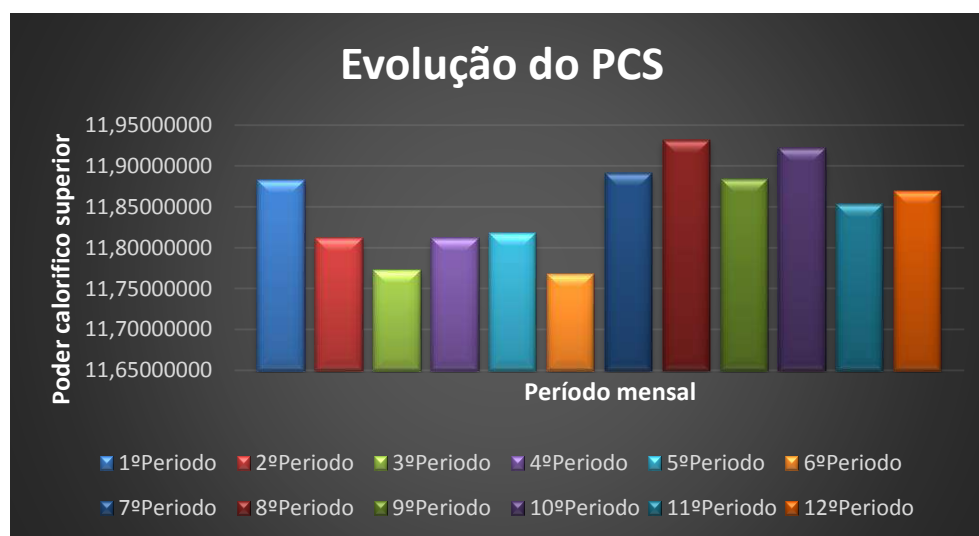


Gráfico 69 - Evolução do PCS durante o período de referência (2012)

Na Tabela 13 e nos Gráficos 70 e 71, está representada a evolução do preço do kWh e do preço do termo tarifário fixo, o consumo em kWh e m³ e o consumo médio diário por período em kWh, durante os 12 períodos do ano de 2012.

Tabela 13 – Evolução do preço do kWh e do termo tarifário fixo durante 2012.

Período	Preço kWh	Termo tarifário (€)
1ªPeríodo	0,050314	6,0609
2ªPeríodo	0,050314	6,0609
3ªPeríodo	0,050314	6,0609
4ªPeríodo	0,051997	6,0609
5ªPeríodo	0,051997	6,0609
6ªPeríodo	0,056335	7,0826
7ªPeríodo	0,048061	7,0826
8ªPeríodo	0,056335	7,0826
9ªPeríodo	0,056335	7,0826
10ªPeríodo	0,056335	7,0826
11ªPeríodo	0,056335	7,0826
12ªPeríodo	0,058218	7,0826

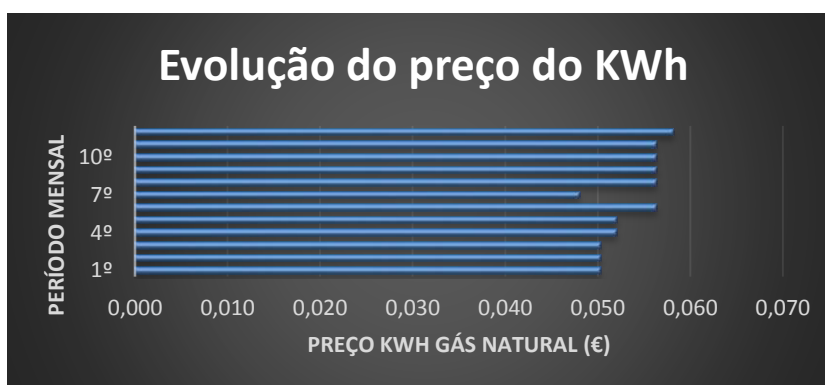


Gráfico 70 – Evolução do preço do kWh do gás natural durante o período de referência (2012).

De salientar que o preço do kWh, sofreu várias alterações durante o período de referência (2012), tendo um valor inicial de 0,0503€ e um preço final de 0,0582 €. Sofreu uma variação de 0,0079€. O termo tarifário fixo também sofreu alterações, o preço inicial foi de 6,0609€ e o preço final de 7,0826€, sendo a variação de 1,0217€.

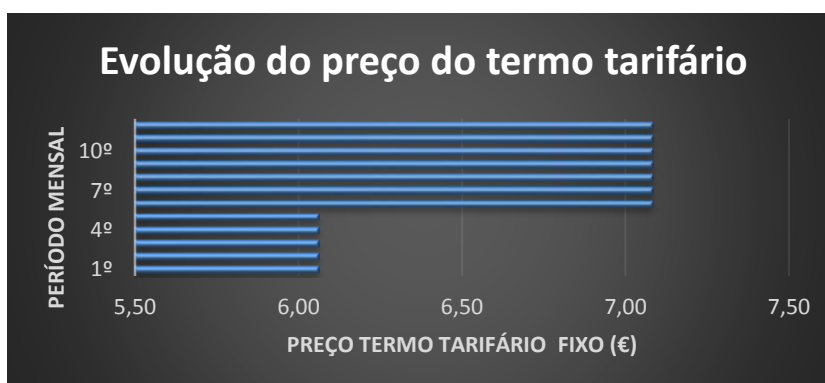


Gráfico 71 – Evolução do preço do termo tarifário fixo durante período de referência (2012).

Na Tabela 14 e nos Gráfico 72 e 73, encontra-se representado o consumo, tanto em kWh como em m³.

Tabela 14 - Consumos de gás em m³ e kWh

Período	Dias	Consumo m ³	PCS	Consumo (kWh)
1ºPeríodo	20	9467	11,88253413	112492
2ºPeríodo	32	11150	11,81170838	131701
3ºPeríodo	36	340	11,77234626	4003
4ºPeríodo	30	542	11,81134710	6402
5ºPeríodo	33	314	11,81813003	3711
6ºPeríodo	29	267	11,76807200	3142
7ºPeríodo	36	67	11,89039200	797
8ºPeríodo	25	46	11,93165600	549
9ºPeríodo	28	305	11,88358900	3624
10ºPeríodo	37	568	11,92138700	6771
11ºPeríodo	28	9893	11,85271600	117259
12ºPeríodo	43	14560	11,86915600	172815

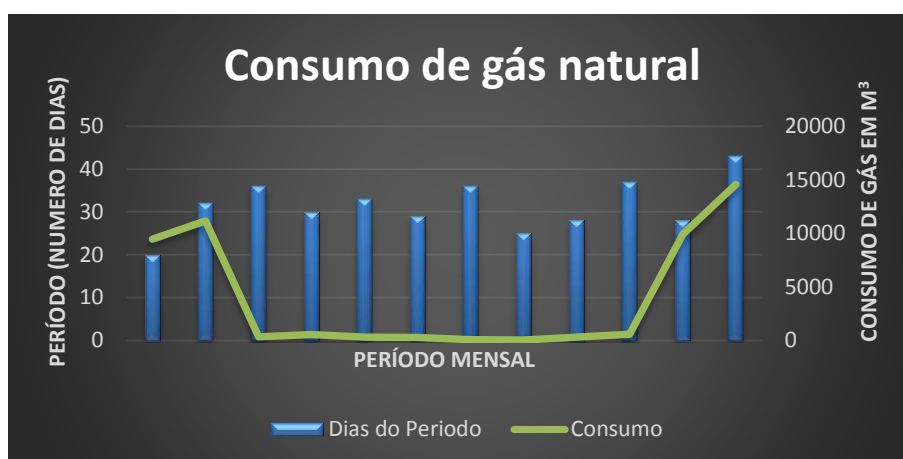


Gráfico 72 – Consumo de gás em m³ no período de referência (2012)

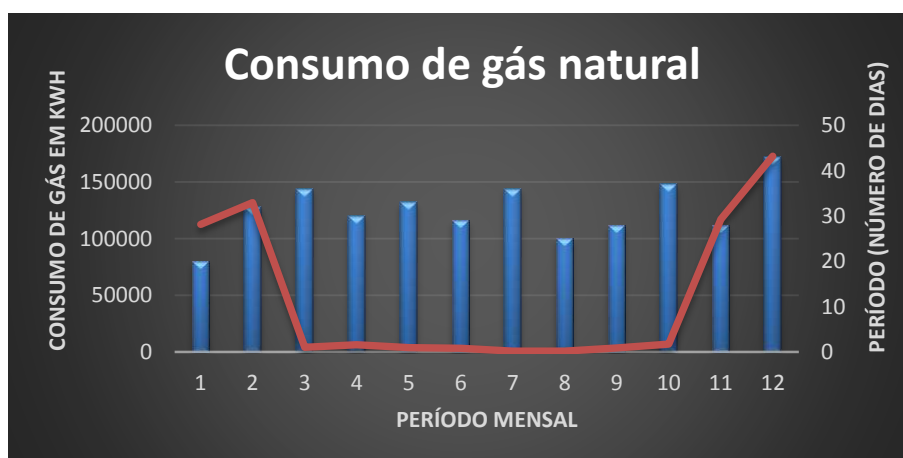


Gráfico 73 – Consumo de gás natural em kWh durante o período de referência (2012)

No consumo de gás natural relativo a 2012, obteve-se um valor mais elevado nos meses de Inverno. O fator que mais influência o acréscimo é o aquecimento ambiente a gás natural. Fora do período de Inverno o gás natural é utilizado exclusivamente na cozinha, para confeção da comida e eventualmente com um consumo residual no laboratório de Cerâmica e da UMA.

No Gráfico 64, está representado o consumo medio diário por período em kWh para o ano de referência 2012.

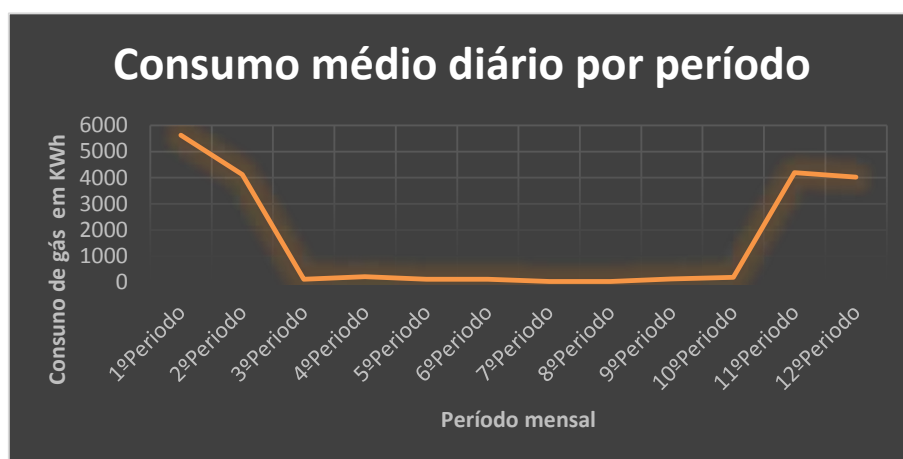


Gráfico 74 – Consumo medio diário em kWh por período no ano de referência (2012)

Tabela 15 - Custo associado ao consumo de gás.

Período	Dias	Consumo (kWh)	Consumo médio diário por período kWh	Preço kWh	Termo tarifário (€)	Total custo consumo	Total custo termo tarifário	Subtotal	%
1º	20	112492	5625	0,050314	6,0609	5.659,92 €	121,22 €	5.781,14 €	17,50%
2º	32	131701	4116	0,050314	6,0609	6.626,38 €	193,95 €	6.820,33 €	20,65%
3º	36	4003	111	0,050314	6,0609	201,41 €	218,19 €	419,60 €	1,27%
4º	30	6402	213	0,051997	6,0609	332,87 €	181,83 €	514,70 €	1,56%
5º	33	3711	112	0,051997	6,0609	192,96 €	200,01 €	392,96 €	1,19%
6º	29	3142	108	0,056335	7,0826	177,00 €	205,40 €	382,40 €	1,16%
7º	36	797	22	0,048061	7,0826	38,30 €	254,97 €	293,28 €	0,89%
8º	25	549	22	0,056335	7,0826	30,93 €	177,07 €	207,99 €	0,63%
9º	28	3624	129	0,056335	7,0826	204,19 €	198,31 €	402,50 €	1,22%
10º	37	6771	183	0,056335	7,0826	381,46 €	262,06 €	643,52 €	1,95%
11º	28	117259	4188	0,056335	7,0826	6.605,78 €	198,31 €	6.804,09 €	20,60%
12º	43	172815	4019	0,058218	7,0826	10.060,94 €	304,55 €	10.365,50 €	31,38%
Subtotal						30.512,15 €	2.515,86 €	33.028,01 €	
Iva						7.017,79 €	578,65 €	7.596,44 €	
Total						37.529,94 €	3.094,51 €	40.624,45 €	

Analisando a Tabela 15 e o Gráfico 75, observa-se que os dois primeiros e os dois últimos períodos são os que têm um custo mais elevado, sendo o de maior valor 10 365,50€. Para os restantes períodos o seu maior consumo correspondeu a um valor de 643,52€, este valor foi obtido no 10º período.

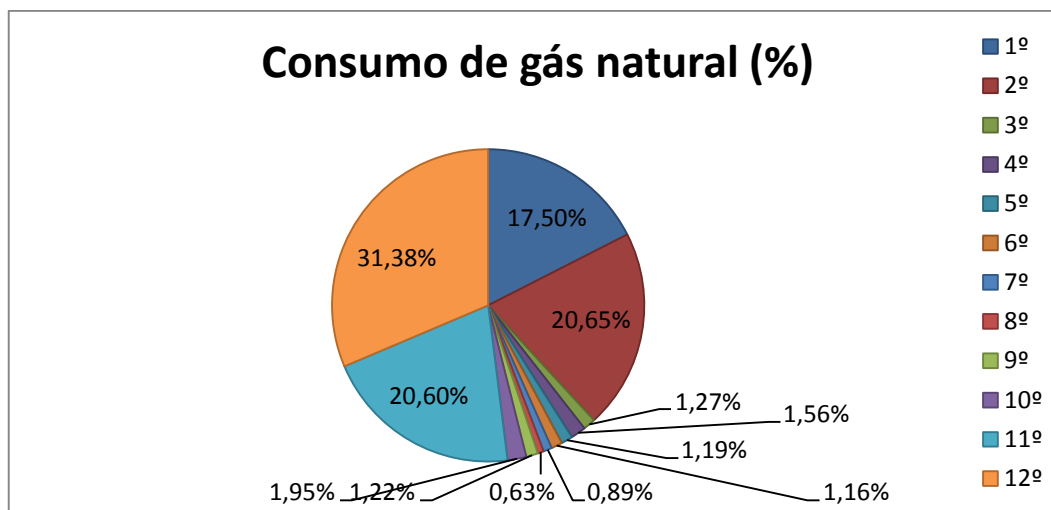


Gráfico 75 – Percentagem do custo associado ao gás natural nos vários períodos do ano.

O gás natural que a EDP Gás Serviço Universal comercializa, nos distritos do Porto, Braga e Viana do Castelo, tem com origem na Argélia e cuja composição química é representada na Tabela 16.

Tabela 16 – Composição química do gás natural

Composição Química do Gás Natural de Hassi R' Mel		
Metano	CH ₄	83,70%
Etano	C ₂ H ₆	7,60%
Azoto	N ₂	5,40%
Propano	C ₃ H ₈	1,92%
Butano	C ₄ H ₁₀	0,70%
Hélio	He	0,20%
Dióxido de Carbono	CO ₂	0,23%
Hexano	C ₆ H ₁₄	0,08%
Pentano	C ₅ H ₁₂	0,17%
Total % molar		100,00%

Outras propriedades do gás natural estão apresentadas na Tabela 17 e 18. Na Tabela 18 e de acordo com as equivalências energéticas da transgás foram retiradas as equivalências energéticas de gás natural que é distribuído na rede nacional de gás.

Tabela 17 – Propriedades gás natural

Outros Valores	
Peso Molecular	18,78
Densidade, Kg/m ³ (n)	0,8404
Densidade Relativa	0,6500
Poder Calorífico Inferior Mj/m ³ (n)	42,00
Poder Calorífico Inferior Kcal/m ³ (n)	10032
Poder Calorífico Inferior kWh/m ³ (n)	11,667

Tabela 18 – Equivalências energéticas gás natural

Equivalências Energéticas	
1 tep	1104,405 m ³ (n) GN
1 tep	11,63 MWh
1 tep	41,868 GJ
1kWh	0,184 KgCO ₂

*m³ (n) com referência ao metro cúbico de GN em condições normais (temperatura de 0 °C e pressão de 1,01325bar abs.)

Com base nas equações 5 a 7, estão representadas as várias formas de energia nas várias conversões, Energia primária (tep) e Energia final (GJ), bem como custo e emissões de dióxido de carbono, CO₂, associadas.

$$✓ \text{ Energia Primária (tep)} = \frac{m^3}{1104,405} = \text{tep (Equação 5)}$$

$$✓ \text{ Energia Final (GJ)} = \text{tep} \times 41,868 = \text{GJ (Equação 6)}$$

De acordo com a fatura da EDP a emissão de dióxido de carbono por kWh de Gás Natural consumido é igual a 0,184 kg CO₂/kWh, de acordo com a equação 7.

$$✓ \text{ Emissões (tCO}_2\text{)} = \text{MWh} \times 0,184 = \text{tCO}_2 \text{ (Equação 7)}$$

A Tabela 19 é um resumo das conversões do gás natural para os vários formas de energia e emissões de dióxido de carbono, durante o período de referência 2012. Os meses com maior consumo de gás natural foram os meses típicos de Inverno.

Tabela 19 – Consumos e emissões do gás para o período de referência 2012.

Período	Dias	Consumo					Emissões (tCO ₂)
		%	m ³	kWh	tep	GJ	
1º	20	19,92	9467	112491,95	8,57	358,89	20,70
2º	32	23,46	11150	131700,55	10,10	422,70	24,23
3º	36	0,72	340	4003,00	0,31	12,89	0,74
4º	30	1,14	542	6401,75	0,49	20,55	1,18
5º	33	0,66	314	3710,89	0,28	11,90	0,68
6º	29	0,56	267	3142,00	0,24	10,12	0,58
7º	36	0,14	67	797,00	0,06	2,54	0,15
8º	25	0,10	46	549,00	0,04	1,74	0,10
9º	28	0,64	305	3624,49	0,28	11,56	0,67
10º	37	1,20	568	6771,35	0,51	21,53	1,25
11º	28	20,82	9893	117258,92	8,96	375,04	21,58
12º	43	30,64	14560	172815,00	13,18	551,97	31,80
Total	377	100	47519,08	563265,90	43,03	1801,45	103,64

Os Gráficos 76 a 78 correspondem aos consumos de gás natural nas várias formas de energia (primária e final) e emissões de dióxido de carbono. Os valores obtidos refletem o que foi verificado anteriormente: existiu um consumo sazonal onde o maior consumo ocorreu nos meses de Inverno.

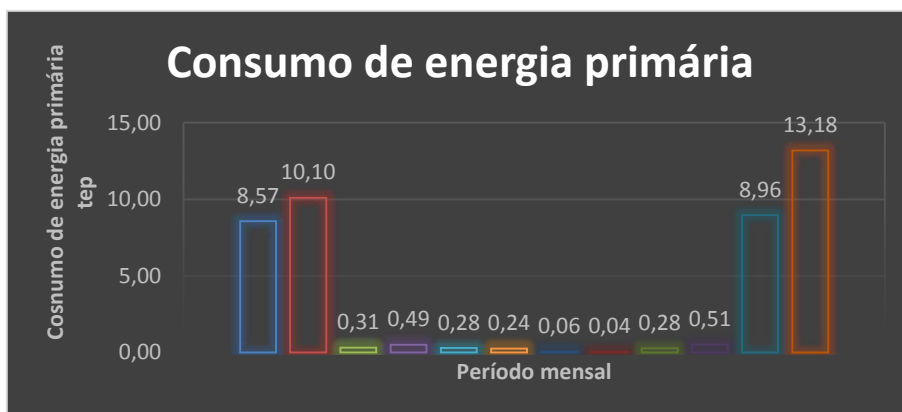


Gráfico 76 - Consumo de energia primária (tep's) de gás natural no período de referência (2012).

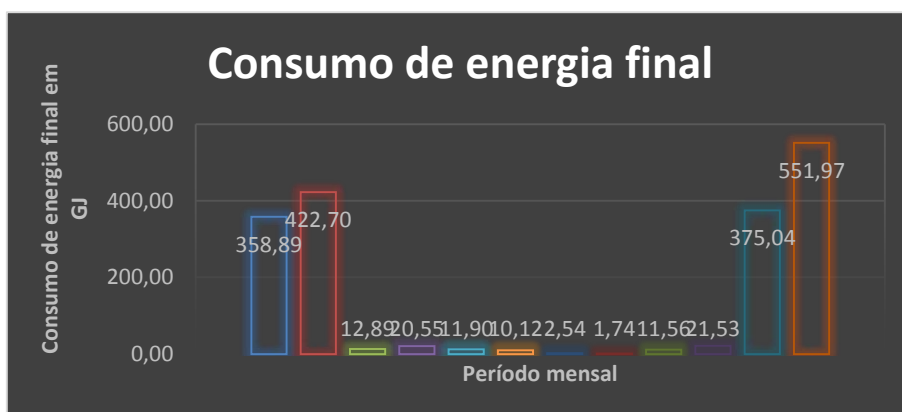


Gráfico 77 - Consumo de Energia Final (GJ) de gás natural no período de referência (2012).

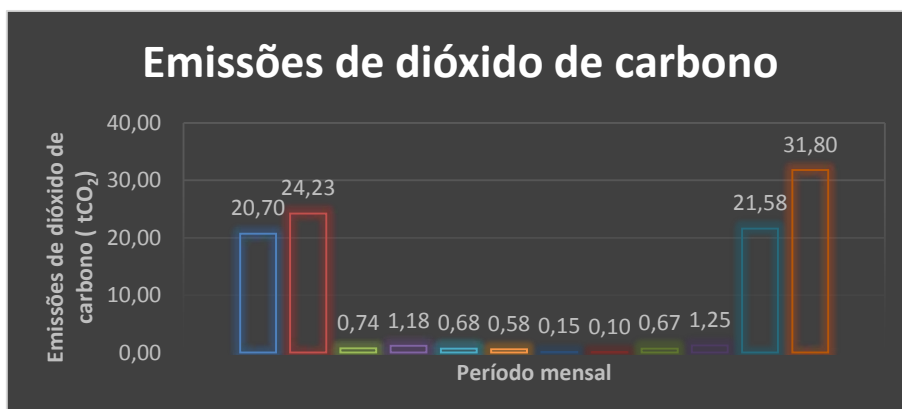


Gráfico 78 – Emissões (tCO₂) de gás natural no período de referência (2012).

O Gráfico 79 é uma análise percentual do consumo de gás em kWh relativo a 2012. Uma vez mais é perceptível o elevado consumo dos meses de Inverno devido ao aquecimento do ar ambiente.

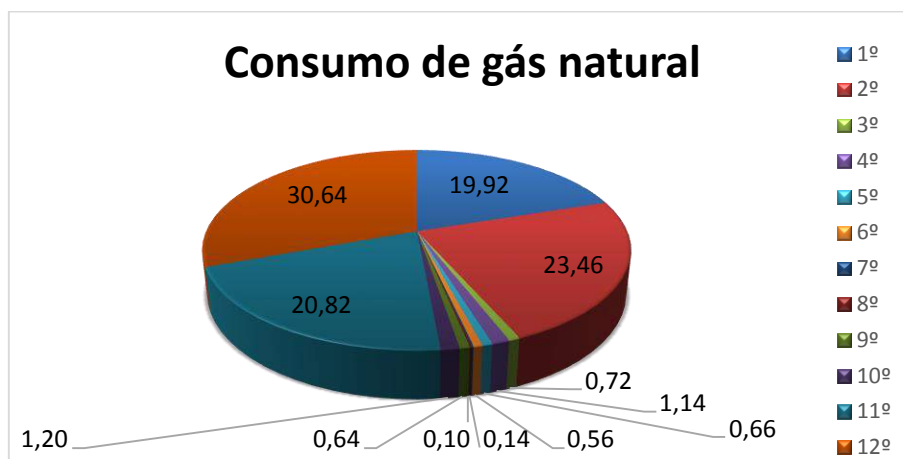


Gráfico 79 – Percentagem por mês/período de consumo ao longo do ano de referencia de 2012

Os consumos de gás natural no campus da ESTG dividem-se por vários edifícios e vários tipos de utilização. Contara a totalidade dos edifícios com a exceção para os balneários do campo de jogos, que têm uma caldeira a gasóleo própria com utilização residual, o consumo não entra nesta auditoria. As utilizações de gás natural são várias: aquecimento, cozinha, com uma utilização residual no laboratório da Unidade de Microbiologia Aplicada (UMA) e no forno cerâmico.

A análise da fatura não pode ser feita por edifício nem por tipo de atividade já que a ESTG não dispõem de contadores parciais. Uma das propostas de melhoria visa a aquisição e instalação de contadores parciais de gás natural, o que permite um controlo de consumos e das possíveis fugas, para além de uma melhor caracterização dos consumos registados.

As fichas técnicas das caldeiras encontram-se apresentadas no capítulo 2.6 referente às áreas técnicas. Os equipamentos de cozinha, devido à sua antiguidade, não dispõem nem de manual nem de chapa com a sua caracterização.

3.5. Consumo anual de biomassa

A **biomassa** é uma substância orgânica, produzida pelo processo de acumulação de energia solar. O seu maior potencial é ser uma energia renovável e quase ilimitada. O principal benefício da **biomassa** é que não causa as grandes emissões para a atmosfera de dióxido de enxofre, como outros combustíveis fósseis.

A formação da biomassa geralmente vem da compactação de resíduos de madeira, normalmente provenientes da indústria da transformação da madeira. Hoje em dia com a limpeza das matas também se consegue aproveitar os resíduos para produzir biomassa

O consumo de biomassa na ESTG é apenas para as AQS (águas quentes sanitárias) da cozinha. Esta central está localizada no bloco oficial no espaço definido como garagem, é constituída por duas caldeiras de 48 KW de potência cada, que trabalham alternadamente.

Ao longo de 2012 foram consumidas perto de 12 toneladas de pellets, conforme pode ser visualizado na Tabela 20.

Tabela 20 - Consumo de pellets e custo associado em 2012.

Abastecimentos	Quantidade (Kg)	Preço Kg	Iva	Total c/iva
1 (Janeiro)	3000,00	0,24 €	23%	885,60 €
2 (Abril)	3000,00	0,24 €	23%	885,60 €
3 (Julho)	3000,00	0,24 €	23%	885,60 €
4 (Outubro)	3000,00	0,24 €	23%	885,60 €
Total	120000			3542,40 €

De acordo com o Despacho n.º 17313/2008, que procede à publicação dos fatores de conversão para toneladas equivalentes de petróleo (tep) de teores de energia em combustíveis selecionados para utilização final, bem como dos respetivos fatores para cálculo da intensidade carbónica pela emissão de gases com efeito de estufa, referidos a quilograma de dióxido de carbono equivalente (KgCO₂), as pellets/briquetes (biomassa) de madeira apresentam os seguintes valores:

- PCI (MJ/Kg) 16,8;
- PCI (tep/t) 0,401;

Energia Primaria

$$PCI = \frac{tep}{t} = 0,401 \leftrightarrow tep = 0,401 * t \leftrightarrow tep = 0,401 * 12 \leftrightarrow tep = 4,812$$

Energia Final

$$PCI = \frac{MJ}{Kg} = 16,8 \leftrightarrow MJ = 16,8 * Kg \leftrightarrow MJ = 16,8 * 12000 \leftrightarrow MJ = 201600$$

Sabendo que as caldeiras não têm rendimento de 100% e que existem perdas nas instalações é usado um valor de referência de 91%, sendo que a energia final passa a ser de 177,40 GJ. (Alves, 2010)

Emissões (tCO₂)

O balanço do dióxido de carbono produzido no processo queima da **biomassa** é igual a zero, devido à sua absorção no processo de fotossíntese, pelo que as emissões de dióxido de carbono são nulas.

Tabela 21 - Consumos e emissões de pellets para o período de referência 2012.

Período	Consumo				Emissões	
	%	Kg	kWh	tep	GJ	(tCO ₂)
1º	25,00	3000	12408,00	1,20	44,35	0,00
2º	25,00	3000	12408,00	1,20	44,35	0,00
3º	25,00	3000	12408,00	1,20	44,35	0,00
4º	25,00	3000	12408,00	1,20	44,35	0,00
Total	100	12000,00	49632,00	4,81	177,40	0,00

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

4.1. Métodos e meios utilizados

A metodologia adotada tem como principal objetivo a desagregação dos vários consumos de energia através das faturas. Já no terreno, optou-se por uma análise mais aprofundada: na eletricidade foi efetuada uma análise de consumo por edifício, sendo estes consumos parciais determinados através de medições diretas, com a utilização de aparelhos de medida adequados. No gás natural efetuou-se uma análise às utilizações e às faturas mensais já que não existiam contadores parciais de gás natural, nem contadores de entalpia. Quanto ao consumo de pellets foi efetuado um levantamento das faturas de aquisição de material, dado não haver registos de consumo efetuados por equipamentos de medida.

No decorrer do trabalho de campo, foram levadas a cabo diversas ações que visam obter o máximo de informação sob o ponto de vista energético da instalação, de modo a compreender o seu funcionamento e permitir propor soluções que aumentem a eficiência energética dos seus principais equipamentos e sistemas consumidores, tais como: iluminação, caldeiras a gás e biomassa e compressor de ar.

A análise dos equipamentos térmicos, designadamente das caldeiras a gás, determinou a consulta das suas características técnicas e a medição dos gases de combustão através da utilização de um analisador de gases. Esta análise permitiu implementar uma melhoria do rendimento do equipamento, conforme explicado no subcapítulo 4.3.6.

4.2. Interpretação de resultados

4.2.1. Consumo anual de energia

Tendo em conta os dados obtidos no subcapítulo 3.2. [Consumo anual de energia] vamos proceder à análise dos mesmos, tendo em conta os valores de energia primária (tep), energia final (GJ), emissões de dióxido de carbono, CO₂, (ppm) e o respetivo custo associado.

A energia primária é um recurso energético que se encontra na natureza, exemplos disso são petróleo, gás natural, carvão, energia hídrica, energia solar entre outras. Normalmente estes recursos sofrem alterações e dão origem à energia final nas suas formas (eletricidade, gás natural e combustíveis), um exemplo disso é o carvão como energia primária pode produzir eletricidade por consequente energia final, nas denominadas centrais termoelétricas. Como essas transformações têm sempre rendimento inferior à unidade, a energia primária é sempre maior que a energia final que lhe corresponde, numa central termoelétrica com um rendimento de 40%, isso significa que por 100 unidades de carvão energia primária só podem produzir 40 unidades de energia final eletricidade

No consumo de energia primária [Gráfico 9 – Consumo de energia primária em tep's para o período de referência de 2012.] a energia elétrica teve um 74% de consumo, o que equivale a mais do triplo do gás natural com 23%, tendo os pellets um consumo de 3%. Estes valores estavam previsto devido ao tipo de utilizações existentes e também ao consumo em kWh verificados na Tabela [Tabela 6 – Quadro geral do consumo de energias.], de realçar que a transformação de kWh para tep's na energia elétrica é superior ao gás natural, no consumo em kWh entre eletricidade e gás natural existe uma diferença no consumo total de 5%, sabe-se que a energia primaria gás natural, que neste caso também corresponde à energia final não sofre transformações. Para obter eletricidade temos de transformar, por exemplo carvão energia primaria, o que leva a um incremento da energia primaria.

No consumo de energia final GJ [Gráfico 10 - Consumo de energia final em GJ's para o período de referência de 2012.], como era de prever a diferença de valores diminuiu ficando a eletricidade com 53% do consumo total de energia final, o gás natural com 43% e finalmente as pellets com 4%.

Nas emissões de dióxido de carbono e devido às transformações, a eletricidade com 295 tCO₂ apresenta um valor que triplica o valor do gás natural. A biomassa não contabiliza emissões de dióxido de carbono por ser uma substância orgânica, produzida pelo processo de acumulação de energia solar.

Como era de prever os custos associados ao consumo de energia elétrica são mais elevados apresentando um valor de perto de 95000€ o que equivale a 68% dos encargos com o consumo das energias, ficando o gás natural com 29% e as pellets com 3%.

4.2.2. Consumo anual de energia elétrica

Analisando os Gráficos 13 ao 68 que foram apresentados anteriormente, verifica-se que existe um perfil de consumo padrão, cujo ciclo se repete semanalmente. Verifica-se que durante os dias úteis existe um maior consumo de energia, sendo perfeitamente notório o aumento de consumo à hora de início da atividade letiva durante as 09 horas e as 22 horas, enquanto nos dias correspondentes ao fim de semana o consumo de energia é inferior (nomeadamente ao Domingo). Apresenta um consumo regular com pouca variação ao longo do dia, no entanto ao sábado por existir atividade letiva da parte de manhã, e o consumo dia não é tão regular.

Os consumos médios mensais de energia elétrica, apresentam o valor mais baixo durante o mês de Agosto de 2012, seguido de Julho e Setembro. De realçar que o período de paragem por motivos de férias torna alguns meses irregulares.

A Tabela 22 é um resumo do comportamento de consumo da energia elétrica durante 2012, os dados foram retirados dos Gráficos 13 ao 48.

Tabela 22 – Resumo do consumo de energia elétrica ativa.

	Consumo máximo	Mínimo geral - máximo	Mínimo - máximo
Janeiro	< 160 kWh	60 kWh- <100	1203 – 2804 kWh
Fevereiro	< 140 kWh	62 kWh- <100	1350 – 2519 kWh
Março	< 160 kWh	60 kWh- <100	987 – 2720 kWh
Abril	< 160 kWh	42 kWh- <90	842 – 2519 kWh
Maió	< 160 kWh	46 kWh- <100	869 – 2302 kWh
Junho	< 150 kWh	42 kWh- <90	848 – 2451 kWh
Julho	< 120 kWh	40 kWh- <70	857 – 1947 kWh
Agosto	> 60 kWh	31 kWh- <40	723 – 1141 kWh
Setembro	> 140 kWh	37 kWh- <66	781 – 2101 kWh
Outubro	160 kWh	37 kWh- <100	863 – 2382 kWh
Novembro	180 kWh	40 kWh- <110	874 – 2746 kWh
Dezembro	180 kWh	50 kWh- <90	739 – 2923 kWh
Descrição dos dados	Consumo máximo atingido numa determinada hora do dia retirado da representação linear	Consumo por período horário, mínimo e máximo	Consumo total diário por período tarifário

A observação dos diagramas de carga anteriormente apresentados e numa perspetiva de representação linear, permite concluir que o consumo apresenta alguma regularidade em termos diários, registando-se o menor consumo de madrugada, entre as 23:00h e as 9:00h embora exista um ligeiro aumento a partir das 6:00h que é quando chegam as senhoras de limpeza. Quanto ao consumo máximo numa determinada hora do dia, podemos concluir que existe uma regularidade com exceção de Julho, Agosto e Setembro por ser um período onde quase todos os alunos se encontram em período de férias e também devido à própria luminosidade da estação do ano onde esses períodos se encontram.

Os consumos mensais por período horário apresentam sempre um valor mínimo e um valor máximo. O diferencial entre os dois só é superior á 40kWh no mês de Abril, Maio, Junho Outubro e Novembro, abaixo dos 10kWh temos unicamente o mês de Agosto. O período com maior consumo é das 10h as 22h.

Os consumo mensais totais e por períodos de tarifário, tem a característica dos valores mínimos serem registados aos domingos os máximos variam de terça-feira a quinta-feira. Por período tarifário o maior consumo encontra-se no período das cheias, seguido do vazio normal. O diferencial entre o dia de maior e menor consumo não ultrapassa os 1200kWh em Julho Agosto e Fevereiro e ultrapassa os 1800kWh em Novembro e Dezembro.

Numa análise global e com base nos Gráficos 49 até 54, foram retiradas as seguintes ilações: na energia ativa temos que 49% do consumo corresponde ao período de tarifário das cheias, 11% ao supervazio e as restantes com 20% cada. O maior contributo para este valor foi dado pelos meses de Janeiro e Outubro.

Quanto ao custo associado ao consumo nos períodos tarifários, temos no total as cheias com um custo de cerca de 30 000€ que corresponde a mais do dobro do total, seguido das pontas com mais de 16 000€ que corresponde a 28%, com a energia ativa foram gastos em 2012 mais de 57 000€.

A energia reativa é uma energia não útil e o aumento do custo da mesma com as novas regras de faturação de acordo com os despachos n.º7253/2010 e n.º 12605/2010, publicados no diário da república, 2ª serie, de 26 de Abril e 4 de Agosto respetivamente, obrigou a efetuar uma análise mais detalhada e com maior enfase. Neste caso de Estudo aplicado ao Edifícios da ESTG vamos poder perceber como foram efetuadas as alterações das instalações e quais as recuperações na fatura mensal, já que as alterações foram efetuadas durante o período de referencia e apos uma primeira analise das faturas de energia elétrica.

De acordo com o que foi referenciado no subcapítulo 3.3. (Caracterização do consumo energético de energia elétrica mais propriamente na energia reativa), dentro da energia reativa, temos a capacitiva e indutiva. A indutiva pode-se ser ajustada através da utilização de condensadores para combater as necessidades existentes de motores e balastros ferromagnéticos, a capacitiva é quando temos esses mesmos condensadores em excesso e estamos a fornecer energia reativa a instalação ambas são cobradas aos consumidores como energia consumida (indutiva) e fornecida (capacitiva), os consumidores que pagam esse tipo de energia são as indústrias e os edifícios de serviços.

Os Gráficos 55 e 56 mostram o consumo da energia reativa (indutiva), nos meses de Fevereiro e Março o que podemos analisar é que até 13 de Fevereiro e sem efetuar nenhuma alteração o consumo chegava a ultrapassar várias vezes os 100KVA, a partir do dia 14 e com essa alteração, o valor praticamente deixou de existir havendo por vezes alguns consumos esporádicos, esta primeira alteração consistiu na substituição dos condensadores da bateria de condensadores.

Os Gráficos 57 e 58 mostram o consumo da energia reativa (capacitiva), para os mesmos meses. O comportamento foi contrário tinha um consumo nulo e passou a ter um consumo na ordem dos 60 KVA. Analisados esses valores procurou-se uma solução para baixar os mesmos. Tornar os valores nulos seria uma tarefa muito difícil e dispendiosa, mas baixar os mesmos era uma necessidade. Após análise da instalação verificou-se que apenas estava a ser considerado o fator de potência no edifício principal. De seguida procedeu-se á recolocação do TI para antes das saídas dos vários edifícios. Com esta alteração é abrangido um maior nível de consumo, essa alteração a nível de consumos está refletida no Gráfico 58 a partir do dia 23 de Março.

Numa análise global da energia reativa e tendo em conta os Gráficos 55 até 58, vemos de facto o que as alterações trouxeram ao nível de consumo mensal passando de mais de 18000kVArh no mês de Janeiro, para 10000kVArh no mês de Fevereiro e Março e para os restantes com valores na ordem dos 2000kVArh. O custo associado desceu exponencialmente e passou de um valor superior a 1000€ para 100€. Convém referir que durante 2012 61% do consumo de energia reativa foi unicamente pertencente a Janeiro, 20% em Fevereiro, 7% para Março e os restantes meses na ordem dos 1-2%.

Para terminar a análise dos resultados obtidos no consumo anual de energia é importante falar em 3 parâmetros presentes na fatura elétrica, potência contratada PC (potência que o distribuidor coloca à disposição do cliente), potência hora de ponta PHP (quociente entre a energia ativa no período das pontas e o numero de horas associadas) e por último o termo tarifário (preços de contratação, leitura, faturação e cobrança).

Neste conjunto de itens supracitados, o custo anual associado fica a rondar os 15 500€, onde 60% corresponde às PHP, 36% ao PC e o restante ao termo tarifário.

Tabela 23 - Divisão dos encargos anuais de eletricidade pelos vários itens da fatura.

Designação	Sub designação	Subtotal	Total	Percentagem
Energia ativa	Supervazio	4.037,42 €	57.414,44 €	76,27%
	Vazio normal	7.650,46 €		
	Pontas	16.157,80 €		
	Cheias	29.568,77 €		
Energia Reativa	Consumida	1.703,85 €	2.328,54 €	3,09%
	Fornecida	624,69 €		
Potência Contratada			5.677,54 €	7,54%
Potência hora de ponta			9.281,91 €	12,33%
Termo tarifário			576,78 €	0,77%
Subtotal			75.279,21 €	
Iva 23%			17.314,22 €	
Total c/iva			92.593,43 €	

Numa análise global das faturas, temos que 76,27% do custo está associado á energia ativa que corresponde a mais de 57 000€, a segunda maior fatia com 12,33% corresponde à potência em hora de ponta num total de mais de 9 000€.

Para terminar a análise dos consumos de eletricidade e recorrendo a ferramentas de medição (analísadores de rede), verificou-se que o consumo por edifício, corresponde 66% ao Edifício Principal, 12% á central térmica, 2% ao bloco oficinal e o restante a outros consumos.

4.2.3. Consumo anual de gás natural

Os Gráficos 72 a 74 traduzem a sazonalidade do consumo de Gás Natural. Nos meses mais frios, as Caldeiras têm um peso superior para o consumo total, uma vez que são usadas maioritariamente para climatização neste caso aquecimento. À medida que o tempo vai aquecendo e a temperatura ambiente aumenta, o peso das caldeiras torna-se menos significativo, passando o consumo a ser unicamente para AQS e, esporadicamente, em bicos de buzen nos laboratórios da UMA e nos fornos de cerâmica. O fornecimento de AQS sofreu algumas alterações durante o ano de referência, alterações essas que passo a expor: inicialmente as AQS eram usadas na cozinha, laboratórios e WC's, mas com a implementação de um projeto financiado para a instalação de duas caldeiras de biomassa, optou-se por efetuar a partir dessas caldeiras um fornecimento independente para a cozinha, restando os laboratórios e WC's. Sabendo que o funcionamento e o gasto de uma caldeira a gás unicamente para alimentar as partes sobranes seria um desperdício de energia, optou-se

por usar os recursos existentes no laboratório de energias renováveis, tanto os painéis como a caldeira pequena de pellets. Já durante 2013 e numa perspectiva de poupança optou-se por aproveitar a água dos destiladores (água quente que é enviada para o esgoto) para utilizar a mesma para lavar o material gorduroso das análises nos laboratórios.

Analisando a Tabela 15 e o Gráfico 75 é verificado na fatura do gás, que mais de 92% corresponde ao consumo em m³, com um custo de 37 500€, e o restante corresponde aos encargos com o termo tarifário, com um custo de 3 000€. Numa análise global por período conclui-se que 31,38% corresponde ao período n.º12, que provocou um gasto sem iva de mais de 10 000€, 20,60% corresponde ao período n.º 2 e 11, com um custo de mais de 6800€, 17,50% corresponde ao período n.º1, com um custo de 5 700€, os restantes variam entre 0,635 e 1,95%.

Não foi possível efetuar uma análise sectorial já que na instalação existente não se encontravam instalados contadores parciais. Esta limitação, impediu o apuramento dos custos ligados ao aquecimento do ar ambiente, AQS e com os laboratórios (Cerâmica e UMA).

4.2.4. Consumo anual de pellets

Na análise de resultados relativos ao consumo de pellets foram encontradas algumas adversidades, os carregamentos são trimestrais e o sistema de controlo e medição para efetuar a análise de consumos encontrava-se numa etapa de configuração, para os quais não pode ser efetuada nenhum tipo de análise. Sabe-se que o consumo iria apresentar alguma regularidade, tendo o maior consumo nos dias de semana e aos fins-de-semana um consumo apenas residual.

Um fator que influencia o maior ou menor consumo é o período onde nos encontramos: se se trata de um período de férias ou letivo, no mês de agosto o consumo é residual já que a cantina se encontra fechada. Constata-se também que a cantina é o único espaço consumidor de energia de biomassa.

Ao longo do ano de referência 2012, foram gastos mais de 3 500€ em pellets para aquecimento da AQS para utilização da cozinha.

4.3. Estudo de sensibilidade

O estudo de sensibilidade efetuado pretende avaliar o efeito da mudança de algumas variáveis e verificar se estas introduzem melhorias de eficiência tanto ao nível financeiro como na eficácia de funcionamento dos sistemas. No capítulo 4.3.1. é descrito o aproveitamento de água quente dos destiladores existentes nos laboratórios da UMA e de Análises Químicas. No capítulo 4.3.2. é efetuado um estudo para colocação de equipamentos domóticos/automação na iluminação. No capítulo 4.3.3 é efetuado um estudo para correção do fator de potência. No capítulo 4.3.4. são descritas as melhorias com a colocação de contadores parciais de gás natural e contadores de entalpia. No capítulo 4.3.5. vai ser analisado um conjunto de várias soluções para substituição das luminárias existentes. Por último no capítulo 4.3.6. são apresentadas as vantagens de regular/afinar as caldeiras de gás natural para obter uma melhor combustão.

4.3.1. Aproveitamento de água quente dos destiladores

Como referido anteriormente a AQS consumida na ESTG têm várias origens: a cozinha é alimentada pela central de biomassa instalada no bloco oficial, sendo os restantes locais de consumo (WC e Laboratórios), abastecidos pela caldeira a gás instalada na central térmica, ou pela caldeira de biomassa e painéis solares do laboratório de energias renováveis.

Na possibilidade de uma maior poupança com aproveitamento de um recurso que estava a ser desaproveitado, optou-se pelo reencaminhamento do esgoto de um destilador para efetuar a lavagem de material de laboratório que devido às análises por vezes ganha mais gordura, tendo em conta que a água quente no WC para efetuar a lavagem das mãos (hoje em dia pode ser considerado um serviço desnecessário). Com esta pequena alteração, não existe a necessidade de ligar a caldeira a gás nem a caldeira de biomassa do laboratório de energias renováveis.



Figura 34 – Derivação no esgoto do destilador.

Foi colocada na saída do esgoto do destilador uma derivação, como pode ser verificado na Figura 28. Esta derivação permite que a água quando necessária não seja enviada para o esgoto mas sim para outro circuito.

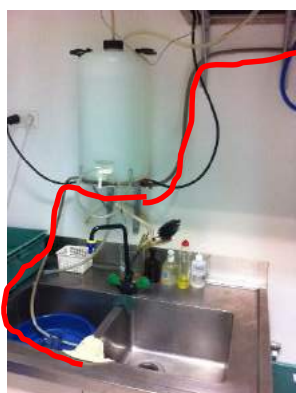


Figura 35 – Encaminhamento da água.

Na Figura 30, vemos como o circuito de água que foi acoplado ao esgoto, é reencaminhado para um pequeno reservatório que se encontra dentro do local de lavagem.

4.3.2. Colocação de equipamento de automação/domótica na iluminação

No que respeita à iluminação, em geral em quase todos os locais da ESTG existe um desperdício de energia, locais esses como WC, corredores, salas, laboratórios e gabinetes. Cada um destes locais genéricos vai ser analisado no texto e serão identificadas medidas de poupança energética.

Muitos dos WC's da ESTG, por falta de consciencialização dos utilizadores, ficam com a iluminação ligada. Uma medida para evitar que a luz esteja ligada sem a presença de utilizadores, seria a colocação de um sensor de movimento que apenas acenderia a iluminação na presença de alguém durante um determinado período de tempo. Esta medida traduz-se numa poupança a nível monetário e a nível de durabilidade dos equipamentos. Para implementar esta medida numa primeira fase seria instalado em dois WC's para verificar resultados e seguir aplicando a medida aos restantes.

Os corredores da ESTG, têm uma grande extensão e representam 16 % da potência total instalada na iluminação, a nível de horas de funcionamento os corredores têm maior utilização ao longo do dia chegando por vezes às 18 horas seguidas de utilização. Sabendo que cada corredor tem a particularidade de ter dois circuitos intercalados evitando assim por vezes a utilização de dois circuitos em simultâneo. As medidas neste setor são várias:

- Colocação de um dispositivo de automação ou domótico que permitisse apenas a ativação de um dos circuitos de cada corredor.
- Em vários corredores por vezes a luminosidade existente da luz solar é suficiente, uma medida a ser implementada seria acoplar ao sistema de controlo um sensor de luminosidade.
- A última medida, passa pela colocação de sensores de movimento em locais estratégicos, visto que por vezes a iluminação dos corredores se encontra ligada e não existe a utilização durante horas.

Para as salas de aula e laboratórios a análise pode ser efetuada em conjunto, já que as mesmas têm o mesmo funcionamento a nível de iluminação. Nesta análise vão ser enumeradas várias medidas algumas das quais iguais às anteriores e outras que têm a ver com a utilização de espaço. Começando pela utilização de espaços, por vezes e principalmente na altura de exames existem alunos espalhados pelas várias salas o que implica que em salas de capacidade para 20, 30 ou mais alunos estejam unicamente 3, 4 ou 5. A solução passa por apenas permitir o acesso a algumas salas, juntando assim todos alunos em duas ou três salas. Quanto às medidas com ligação a automação e domótica passa pela colocação de sensores de luminosidade e contadores de pessoas, isto permite que havendo luminosidade suficiente da luz solar não seja possível ligar a iluminação, o contador de pessoas permite saber se está alguém dentro da sala ou laboratório, em caso contrário as luzes apagam-se.

Para os gabinetes, as medidas são muito semelhante às anteriores: colocação de sensores de luminosidade e contadores de pessoas. De realçar que num estudo técnico-económico, o tempo de retorno do investimento seria muito mais rápido em salas e laboratórios do que em gabinetes devido ao número de luminárias de cada localização.

4.3.3. Correção do fator de potência

Durante o levantamento dos consumos no período de referência (2012) e como verificado no desdobramento dos consumos de eletricidade a energia reativa, este baixou consideravelmente. Após análise inicial partiu-se para uma intervenção imediata na bateria de condensadores, já que a mesma iria proporcionar uma poupança de 1000 € mensais. As tarefas e alterações efetuadas foram as seguintes:

- Numa primeira fase de Intervenção

Efetuuou-se a alteração completa de todos os condensadores já que a maior parte se encontrava danificada e porque a vida útil dos mesmos rondam os 5 anos, os condensadores tinham pelo menos 10 anos.



Figura 36 - Condensadores



Figura 37 - Controlador Bateria de Condensadores

O segundo passo passou pela colocação de um novo controlador. A função deste é colocar ou retirar os condensadores de acordo com a carga em uso. Neste passo existiu uma dificuldade que era o valor do $\cos(\phi)$, que consta no controlador, não variava o que levou a uma necessidade de colocação de um analisador de rede para, efetuar medições e encontrar possíveis anomalias e evitar o pagamento de energia reativa fornecida.

Neste passo colocou-se o analisador de rede no barramento principal do quadro de alimentação de toda a ESTG, que se encontra no posto de transformação. Com este aparelho podemos analisar tensões, correntes, potências ativas e reativas entre outros vetores.



Figura 38 - Analisador de Rede

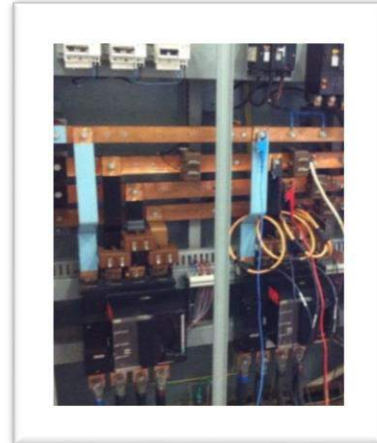


Figura 39 - Colocação do analisador no Barramento

Numa segunda fase de Intervenção e após a leitura dos dados e análise do barramento, foi possível verificar que uma pequena alteração do Transformador de Intensidade (TI), iria efetuar uma poupança na fatura de eletricidade. O que estava a acontecer é que devido a má colocação do TI o controlador não consegue retirar os condensadores que já não são necessários, provocando um consumo de energia reativa fornecida.



Figura 40 - Quadro de distribuição geral da ESTG

Todas as cargas foram colocadas a frente do (TI), dado que o mesmo é quem emite o sinal para o controlador da bateria de condensadores, a substituição efetuada foi colocar

o TI do ponto 2 no TI do ponto 1, para tal intervenção era necessário remover o TI 2 do barramento, onde foi necessário proceder ao corte geral do transformador porque existia necessidade de retirar o barramento inicial.

4.3.4. Colocação de contadores parciais de gás e entalpia

Este é um dos pontos mais importantes e com necessidade de melhoria, isto porque se não for possível analisar qual o consumo por caldeira, na cozinha, nos laboratórios torna-se muito difícil efetuar uma análise sectorial e quantificar os consumos para futuras intervenções. Os contadores de entalpia são contadores de energia térmica que fazem correlação entre o caudal e a temperatura. Numa fase posterior o ideal seria colocar ambos os valores de uma maneira automática num sistema de gestão *on-line*. Este sistema poderia detetar facilmente fugas de combustível, uma queima defeituosa das caldeiras e o mais importante que é permitir alterar variáveis para visualizar os resultados.

4.3.5. Alterar o tipo de iluminação

A eletrónica sofre constantemente grandes evoluções num curto espaço de tempo, se estudadas essas evoluções no que toca à iluminação. Seria possível obter uma melhoria do sistema de iluminação. Para aplicar estas medidas é necessário proceder ao levantamento dos equipamentos/luminárias aplicados na iluminação, sendo de destacar que todo o sistema se baseia na utilização de lâmpadas do tipo tubulares (T8), quer nas zonas de circulação, quer nos restantes espaços, e que são equipadas com balastros do tipo ferromagnéticos e arrancadores. Este tipo de elementos de controlo das lâmpadas fluorescentes é aquele que apresenta menor eficiência, face às várias soluções existentes no mercado. Ao efetuar a alteração para qualquer um destes sistemas abaixo descritos, o sistema iria ter uma poupança no final do mês na fatura elétrica, embora se preveja um tempo de retorno muito diferente para as várias aplicações.

As várias soluções que poderiam ser adotadas são as seguintes:

- Substituição das luminárias por outras mais eficientes (balastros eletrónicos com lâmpadas T5 “Eco tubos”);

- Substituição dos balastros ferromagnéticos por balastros eletrônicos;

- Substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 por tubos Led.

Definidas as soluções a estudar, é necessário efetuar o levantamento dos consumos energéticos e respetivos custos associados (energia ativa, energia reativa e potência média em horas de ponta) e dos encargos de manutenção (mão de obra e aquisição de equipamentos – lâmpadas e arrancadores), para a solução instalada, e para cada uma das soluções idealizadas.

No capítulo 5 é efetuado um estudo técnico-económico que permite saber qual o tempo de retorno para cada uma das propostas efetuadas no capítulo 4.3.5. e verificar qual a medida que melhor encaixa no funcionamento da ESTG.

4.3.6. Regular/afinar caldeiras de gás natural

Todas as caldeiras de combustão a gás natural, precisam de uma afinação anual para manter os parâmetros de referência, conseguindo assim uma melhor combustão, que se reflete numa poupança de gás natural. Para tal procedimento é necessário efetuar uma análise de gases resultantes da combustão. O procedimento passa por colocar na chaminé uma sonda ligada a um analisador de rede, tal procedimento pode ser visualizado na Figura 41. Os parâmetros lidos no analisador são: CO₂ (%) – dióxido de carbono, CO (PPM) - monóxido de carbono, O₂ (%) – oxigénio, λ – excesso de ar, °CTH – temperatura dos gases, N₂ – nitrogénio, rendimento de combustão (%), qA – perdas pela chaminé (%).



Figura 41 - Colocação da sonda na chaminé dos gases.



Figura 42 - Leitura dos dados.

O controlo na combustão é muito importante porque, como referido no ao capítulo 3.4, o gás natural é um combustível muito dispendioso e precisa de uma constante análise. Com estas regulações é possível diminuir o impacto no meio ambiente e melhorar o rendimento dos equipamentos.

Para o controlo da combustão é preciso ter em conta a eficiência da combustão, que depende da quantidade de combustível não queimado e o ar em excesso. Ambos os parâmetros podem ser acertados no programador conforme Figura 43. Ambos são usados para definir a eficiência de combustão de um queimador.



Figura 43 - Regulador da caldeira.

As principais perdas de energia são provenientes do calor que é levado pelos gases de combustão na chaminé de uma caldeira. Um sistema de queima sem um ajuste utiliza grande excesso de ar na combustão, conseqüentemente um aumento no consumo do combustível utilizado. Como valores de referência, o gás natural no seu processo de queima deveria ter um valor de 11,7% para o dióxido de carbono, CO₂.

A Tabela 22, reflete os dados da combustão retirados do analisador de gases. Numa primeira etapa retirou-se os valores sem efetuar qualquer tipo de alteração. Na segunda etapa foram retirados os valores após a afinação das caldeiras. O ganho das caldeiras pode aumentar, com a troca dos redutores para garantir uma maior pressão do gás natural, o sistema tem esta deficiência devido a que anterior a instalação estava preparada para o uso de gás propano e onde os redutores não foram alterados para Gás natural.

Tabela 24 - Valores obtidos nas várias medições efetuadas com o analisador de gases

Caldeira 1		Caldeira 2	
Primeira medição	Segunda medição	Primeira medição	Segunda medição
TH = 132,8 °C	TH = 156 °C	TH = 130°C	TH = 140°C
CO ₂ = 5,9 %	CO ₂ = 9,5%	CO ₂ =6 %	CO ₂ =8,3 %
O ₂ =10,2 %	O ₂ =3,9 %	O ₂ = 10,4%	O ₂ = 4 %
λ = 1,95	λ =1,22%	λ =1,93 %	λ =1,90%
REND. = 91,6%	REND. = 93,4 %	REND. =92 %	REND. = 93,1%
PERDAS =8,4 %	PERDAS = 6,6%	PERDAS =8 %	PERDAS = 6,9%
GANHO =1,8 %		GANHO =1,1 %	

4.3.7. *Negociação da potência contratada*

Na análise da fatura elétrica, a potência contratada por vezes é um fator esquecido e na qual é possível efetuar uma elevada poupança económica. O regulamento n.º 468/2012 “Alteração ao Regulamento de Relações Comerciais do Setor Elétrico”, no artigo 163 refere-se à potência contratada. O ponto 1 refere que a potência contratada é a potência que os operadores das redes colocam à disposição no ponto de entrega. O ponto 2 diz que a potência contratada não pode ser superior à potência requisitada, neste caso 800kVA. O ponto 3 refere

que salvo acordo escrito celebrado pelas partes, a potência contratada por ponto de entrega em MT, AT ou MAT não pode ter um valor, em kW, inferior a 50% da potência instalada, em kVA, medida pela soma das potências nominais dos transformadores relativos ao ponto de entrega, neste caso seriam 400kW. O ponto 4 diz que sem prejuízo do disposto nos números anteriores, o valor da potência contratada nos pontos de entrega em MAT, AT, MT e BTE, referido no n.º 1 é atualizado para a máxima potência tomada, registada nos 12 meses anteriores, incluindo o mês a que a fatura respeita, na ESTG o valor da potência tomada mensal ao longo de 2012 ronda os 200kW.

No ponto 2 do artigo 210, que visa a alteração da potência contratada, temos que sem prejuízo do disposto no Artigo 163.º, para fornecimentos em MAT, AT, MT e BTE, nos casos em que nas instalações do cliente se tenha procedido a investimentos com vista à utilização mais racional da energia elétrica, da qual tenha resultado uma redução da potência contratada com carácter permanente, o pedido de redução de potência contratada deve ser satisfeito no mês seguinte (ERSE, 2012a). A alteração da potência contratada poderia implicar para a instituição uma poupança entre 6000 a 10 000 € anuais no edifício da ESTG.

5. ESTUDO TÉCNICO-ECONÓMICO DAS MEDIDAS DE REFORÇO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

5.1. Enquadramento

Num estudo técnico-económico a sua repercussão permite propor e analisar várias opções de reforço no desempenho e avaliado a nível económico. Após efetuar um estudo de sensibilidade optou-se por estudar detalhadamente duas medidas e efetuar um estudo técnico-económico. As duas escolhidas foram: correção do fator de potência e alteração do tipo de iluminação existentes.

5.2. Correção do fator de potência

As instalações elétricas consomem energia ativa e energia reativa, a última é uma energia que não produz trabalho útil, mas é imprescindível para o bom funcionamento dos equipamentos, sendo usada para gerar campos magnéticos, como no caso dos motores elétricos e balastros (reactâncias).

Com a elevada utilização dos equipamentos supracitados e de acordo com as novas regras de faturação da ERSE, onde os encargos associados são ainda mais exigentes na fatura mensal de eletricidade e tendo em atenção a preservação dos equipamentos, torna-se necessário efetuar a correção do fator de potência.

A solução passa pela análise e substituição de equipamentos da atual bateria de condensadores, onde é necessário verificar se todo o sistema se encontra em pleno funcionamento. Após esta validação e devido aos condensadores se encontrarem em mal estado procedeu-se a substituição dos mesmos e da central que faz a gestão dos condensadores.

A Tabela 25, reflete o investimento efetuado para resolver o problema que existia com o fator de potência

Tabela 25 – Investimento inicial para resolver problema do fator de potência.

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço unitário</i>	<i>Subtotal</i>	<i>Iva (23%)</i>	<i>Total</i>
<i>Condensadores</i>	10	57,66 €	576,60 €	132,62 €	709,22 €
<i>Relé de 6 níveis RM 2106</i>	1	225 €	225 €	51,75 €	276,75
<i>Mão-de-obra</i>	8	20 €	160 €	36,8 €	196,8

A Tabela 26 indica o comportamento da energia ativa e reativa durante 2011, estes dados vão ser usados para efetuar uma previsão de encargos a ter com a energia reativa em 2012 caso a solução não tivesse sido adotada.

Tabela 26 - Análise do consumo de energia reativa em 2011

<i>Período de Faturação</i>	<i>Total energia ativa</i>	<i>Energia Reativa</i>			
		<i>Escalão 3</i>	<i>Escalão 2</i>	<i>Escalão 1</i>	<i>Total</i>
<i>2011-01-06 2011-02-05</i>	75.016,00	20588	5098	0	25686,00
<i>2011-02-06 2011-03-05</i>	59.762,00	13825	4001	0	17826,00
<i>2011-03-06 2011-04-05</i>	58.482,00	12686	4089	0	16775,00
<i>2011-04-06 2011-05-05</i>	52.376,00	11780	3595	0	15375,00
<i>2011-05-06 2011-06-05</i>	60.729,00	13101	4051	0	17152,00
<i>2011-06-06 2011-07-05</i>	54.900,00	13102	3743	0	16845,00
<i>2011-07-06 2011-08-05</i>	49.330,00	10517	3305	0	13822,00
<i>2011-08-06 2011-09-05</i>	31.429,00	7382	1934	0	9316,00
<i>2011-09-06 2011-10-05</i>	41.433,00	8544	2736	0	11280,00
<i>2011-10-06 2011-11-05</i>	54.546,00	12697	3922	0	16619,00
<i>2011-11-06 2011-12-05</i>	58.575,00	14389	4155	0	18544,00
<i>2011-12-06 2012-01-05</i>	60.902,00	14066	4070	796	18932,00
<i>Total</i>	657.480,00	152.677,00	44.699,00	796,00	198.172,00

Após a análise e numa tentativa de efetuar uma relação entre a energia ativa e energia reativa, surgiu a Tabela 27, que reflete o consumo da energia ativa e uma aproximação do consumo da energia reativa. Tendo em conta os valores anteriormente analisados na Tabela 26, sabemos que num determinado valor de energia ativa, temos associado um consumo de 30% de energia reativa.

Dentro da energia reativa existem três escalões, de acordo com dados da Tabela 24, foi utilizado um valor que reflete que 77% do consumo de energia reativa se efetua no 3º escalão. Este dado vai ser usado para calcular o custo total da energia reativa uma vez que para cada escalão existe um preço associado.

Os valores da Tabela 27 são valores previsíveis e que seriam um encargo para a instituição na fatura elétrica, caso não tivesse sido adotada esta solução. Estes valores vão ser os benefícios no estudo técnico económico para a correção do fator de potência

Tabela 27 - Previsão de encargos anuais a ter com a energia reativa.

Período de leitura (kWh)	Energia ativa (kWh)	Energia Reativa (KVArh)	Custo Reativa	Iva 23%	Custo Reativa c\iva
2012-01-01 a 2012-02-05	79623	23886,9	1.370,73 €	315,27 €	1.686,00 €
2012-02-06 a 2012-03-05	61163	18348,9	1.052,94 €	242,18 €	1.295,11 €
2012-03-06 a 2012-04-05	60629	18188,7	1.043,75 €	240,06 €	1.283,81 €
2012-04-06 a 2012-05-05	50513	15153,9	869,60 €	200,01 €	1.069,60 €
2012-05-06 a 2012-06-05	54548	16364,4	939,06 €	215,98 €	1.155,04 €
2012-06-06 a 2012-07-05	49900	14970	859,04 €	197,58 €	1.056,62 €
2012-07-06 a 2012-08-05	42035	12610,5	723,64 €	166,44 €	890,08 €
2012-08-06 a 2012-09-05	28655	8596,5	493,30 €	113,46 €	606,76 €
2012-09-06 a 2012-10-05	41948	12584,4	722,15 €	166,09 €	888,24 €
2012-10-06 a 2012-11-05	54038	16211,4	930,28 €	213,96 €	1.144,24 €
2012-11-06 a 2012-12-05	61290	18387	1.055,13 €	242,68 €	1.297,80 €
2012-12-06 a 2013-01-05	44325	13297,5	763,07 €	175,51 €	938,57 €
Total	628667	188600,1	10.822,69 €	2.489,22 €	13.311,90 €

Tabela 28 – Custos de investimento.

Aquisição de Equipamentos

Condensadores	709,22 €
Relé varimétrico	276,75 €
Total Aquisição de Equipamentos	985,97 €

Instalação/Manutenção

Instalação dos condensadores e relé	196,80 €
Total Instalação/Manutenção	196,80 €

Totais de Custos de investimento 1.182,77 €

Tabela 29 – Benefícios na solução de correção do fator de potência.

	2013	2014	2015	2016	2017
Energia Reativa	13.311,90 €	13.644,70 €	13.985,82 €	14.335,46 €	14.693,85 €
Total de Energia	13.311,90 €	13.644,70 €	13.985,82 €	14.335,46 €	14.693,85 €
Total de Benefícios	13.311,90 €	13.644,70 €	13.985,82 €	14.335,46 €	14.693,85 €

No seguimento e com a conjugação dos valores relativos aos custos do investimento Tabela 28, bem como os benefícios (Tabela 29), foi efetuado o cálculo do *CASH FLOW LIQUIDO* para cada ano, conforme apresentado na Tabela 30, que corresponde à diferença entre os benefícios e os custos.

Tabela 30 - Resumo do Cash Flow

Benefícios		13.311,90 €	13.644,70 €	13.985,82 €	14.335,46 €	14.693,85 €
Custos	1.182,77 €	5.794,18 €	5.939,03 €	6.087,51 €	6.239,70 €	6.395,69 €
CASH FLOW	- 1.182,77 €	7.517,73 €	7.705,67 €	7.898,31 €	8.095,77 €	8.298,16 €

Por último procedemos ao cálculo do VAL, tendo por base a taxa de 10%, do TIR, ROI, e do período de recuperação do investimento, assim como uma síntese do total de benefícios e custos conforme apresentado na Tabela 31.

Tabela 31 – Resultados económicos para a solução de correção do fator de potência.

<i>VAL 10%</i>	28.635,99 €
<i>TIR</i>	638%
<i>ROI</i>	3241%
Período de Recuperação do Investimento (PRI)	0,15 Anos
<i>Total de Benefícios</i>	39.515,63 €
<i>Total de Custos</i>	1.182,77 €
Período de análise	De 2013 a 2018
Dimensão do período de análise	5 Anos

A análise foi feita tendo em consideração uma taxa de inflação anual de 2,5. Este projeto, apresenta VAL positiva de 28 635,99€, um TIR de 638% e um ROI de 3241%, o período de recuperação do investimento é de sensivelmente 2 meses, o que nos leva a concluir que é um investimento rentável.

5.3. Alteração da iluminação existente

De toda a iluminação existente na ESTG, apenas se vai efetuar o estudo sobre iluminação dos corredores já que em ambos os corredores apresentam a mesma utilização. Foi efetuado o levantamento de todas as luminárias existentes nos corredores, das características, bem como a potência instaladas para cada uma delas e da quantidade de lâmpadas. Realizou-se também o levantamento da utilização média diária e anual para cada corredor do edifício, para se calcular o consumo total de energia.

O objetivo deste estudo é de efetuar a alteração para qualquer uma das soluções e verificar qual a que teria um menor período de retorno, as soluções são:

- ✓ Substituição das luminárias por outras mais eficientes (balastros eletrónicos com lâmpadas T5 “Eco tubos”);
- ✓ Substituição dos balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos;
- ✓ Substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 por tubos Led.

A taxa de utilização diária é de 18 horas (6:00h às 24:00h), durante a semana, no fim-de-semana funciona apenas da parte de manhã 4 horas (9:00H às 13:00h), a ocupação anual é de 260 dias. As luminárias existentes são na sua totalidade lâmpadas fluorescentes tipo T8, com arrancadores e balastros ferromagnéticos. As Figuras 44 e 45 representam os vários tipos de balastros ferromagnéticos, a Figura 46 mostra os arrancadores usados.



Figura 44-Balastro Ferromagnético 1x36 W recente. Figura 45- Balastro Ferromagnético 1x36 W origem.



Figura 46 – Arrancador S10 lâmpadas 36 e 58 W

No total do levantamento do material elétrico existente, a escola tem 175 luminárias, 350 balastros ferromagnéticos, 350 lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W (T8) e 350 arrancadores S10.

Para o cálculo dos custos de energia, realizamos o levantamento do consumo (potência) associado às lâmpadas nas várias soluções propostas. Para efetuar o levantamento do consumo foi efetuada a montagem de várias maquetes como podemos verificar na Figura 47, no seguimento procedeu-se à medição dos consumos nas várias soluções onde os dados estão apresentados na Tabela 32.



Figura 47 – Adaptação das luminárias para as várias soluções propostas.

Tabela 32 – Consumos unitários de cada tipo de lâmpada.

<i>Medição</i>	<i>A</i>	<i>V</i>	<i>Cos φ</i>	<i>W</i>
Balastro eletrónico	0,13	234	0,98	30
Eco tubos	0,12	234	0,84	24
Led	0,08	234	0,9	17
Balastro ferromagnético	0,47	234	0,5	55

Na Tabela 33 estão apresentados os valores em euros para cada equipamento utilizado nas várias soluções.

Tabela 33 – Custo unitário dos vários equipamentos usados ao longo deste estudo.

<i>Designação</i>	<i>Custo unitário</i>	<i>Desconto</i>	<i>Subtotal</i>	<i>Iva (23%)</i>	<i>Total</i>
Balastro eletrónico 2*36W	24,60 €	75,00%	6,15 €	1,41 €	7,56 €
Arrancador S10	1,00 €	75,00%	0,25 €	0,06 €	0,31 €
Balastro ferromagnético	4,00 €	40,00%	2,40 €	0,55 €	2,95 €
Lâmpada Led T8 18W 120CM 4000K	30,00 €	45,00%	16,50 €	3,80 €	20,30 €
Lâmpada Fluorescente T5 FH 28W/840 HE	9,90 €	75,00%	2,48 €	0,57 €	3,04 €
Lâmpada T8 36W	7,41 €	75,00%	1,85 €	0,43 €	2,28 €
Eco tubo (armadura lâmpada)	21,50 €	35,00%	13,98 €	3,22 €	17,20 €

Nas várias soluções propostas vamos trabalhar com diferentes lâmpadas, um aspeto importante a ter em conta é a durabilidade de cada uma, a Tabela 34 retrata esse levantamento.

Tabela 34 – Duração em horas dos vários tipos de lâmpadas.

<i>Designação</i>	<i>Duração horas</i>
Lâmpada Led T8 18W 120CM 4000K	25 000
Lâmpada Fluorescente T5 FH 28W/840 HE	20 000
Lâmpada T8 36W balastro ferromagnético	7 000
Lâmpada T8 36W balastro eletrónico	18 000

Foi efetuada uma consulta na fatura de energia elétrica e foram retirados os valores relativamente á energia ativa, energia reativa, acesso à rede.

Tabela 35 - Custo da energia.

<i>Designação</i>	<i>PREÇOS ENERGIA</i>
kW/h ponta	0,1377 €
kW/h cheias	0,1008 €
kW/h vazio normal	0,0691 €
kW/h super vazio	0,0644 €
Energia Reativa Consumida fora vazio Escalão 1	0,0075 €
kW/dia horas de ponta	0,3080 €
kW/dia potencia contratada	0,0446 €

Através do cálculo dos consumos elétricos, os valores designados pela Tabela 36 apresentam o consumo diário da potência ativa e reativa, custos de energia ativa, reativa e de acesso à rede.

Tabela 36 – Valores diários de consumos e custos.

Potência Ativa (KW)	Potência Reativa (KVA)	Custo Ativa	Custo Reativa	Custo acesso à rede PHP	Custo total diário
346,44	602,61	34,97 €	3,52 €	5,72 €	44,20 €

Como pode ser verificado na Tabela 37, foram efetuados os cálculos dos consumos elétricos relativamente a valores totais do consumo anual da potência ativa e reativa e dos respetivos custos de acesso à rede.

Tabela 37 – Valores anuais de consumos e custos

Potência Ativa (kW)	Potência Reativa (kVA)	Custo Ativa	Custo Reativa	Custo acesso à rede PHP	Custo total anual
90073,62	156678,80	9.091,43€	913,96 €	1.487,22 €	11.492,61 €

Para o cálculo da taxa da inflação foi analisada a evolução no custo do tarifário em função dos períodos de faturação para os últimos 5 anos. Foi usado em ambos os anos como referência o mês de Janeiro.

Tabela 38 – Análise das tarifas

Designação	Preço kWh Janeiro 2009	Preço kWh Janeiro 2010	Preço kWh Janeiro 2011	Preço kWh Janeiro 2012	Preço kWh Janeiro 2013
Ativa Vazio normal	0,0510 €	0,0523 €	0,0544 €	0,0589 €	0,0655 €
Ativa Super vazio	0,0478 €	0,0490 €	0,0510 €	0,0552 €	0,0596 €
Ativa Cheias	0,0821 €	0,0840 €	0,0874 €	0,0945 €	0,1003 €
Ativa Pontas	0,1095 €	0,1114 €	0,1158 €	0,1253 €	0,1313 €
Potência Horas de ponta	0,2571 €	0,2648 €	0,2754 €	0,2972 €	0,3080 €
Potência contratada (kWh)	0,0344 €	0,0371 €	0,0386 €	0,0417 €	0,0446 €

No Gráfico 80, verifica-se a evolução do custo da energia, relativamente aos últimos 5 anos. A evolução registada é positiva e gradual, para todos os itens de faturação.

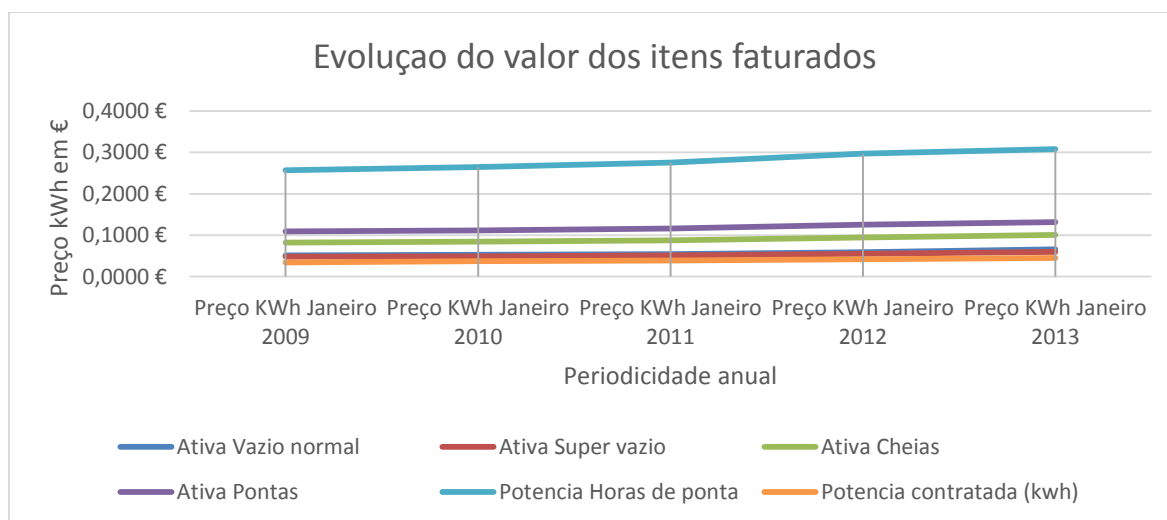


Gráfico 80 – Evolução do preço dos itens faturados durante 5 anos.

Para apurar a taxa de inflação anual foi necessário calcular a taxa de evolução média prevista para o aumento da eletricidade em cada ano. O estudo consistiu em analisar as faturas existentes desde 2009 até 2013. Verificamos que para cada item de faturação, houve um

aumento médio superior a 4,5% como mostra a Tabela 39 e Gráfico 81. Verifica-se que em 2011, devido à crise económica houve um maior aumento de todos os itens para o ano de 2012, cerca de 8% em todos os itens faturados.

Tabela 39 – Percentagem de evolução das tarifas.

Designação	Aumento 2009 para 2010	Aumento 2010 para 2011	Aumento 2011 para 2012	Aumento 2012 para 2013	Aumento médio
Ativa Vazio normal	2,55%	4,02%	8,27%	11,21%	6,51%
Ativa Super vazio	2,51%	4,08%	8,24%	7,97%	5,70%
Ativa Cheias	2,31%	4,05%	8,12%	6,14%	5,16%
Ativa Pontas	1,74%	3,95%	8,20%	4,79%	4,67%
Potência Horas de ponta	2,99%	4,00%	7,92%	3,63%	4,64%
Potência contratada (kwh)	7,85%	4,04%	8,03%	6,95%	6,72%
Média	3,33%	4,02%	8,13%	6,78%	5,57%

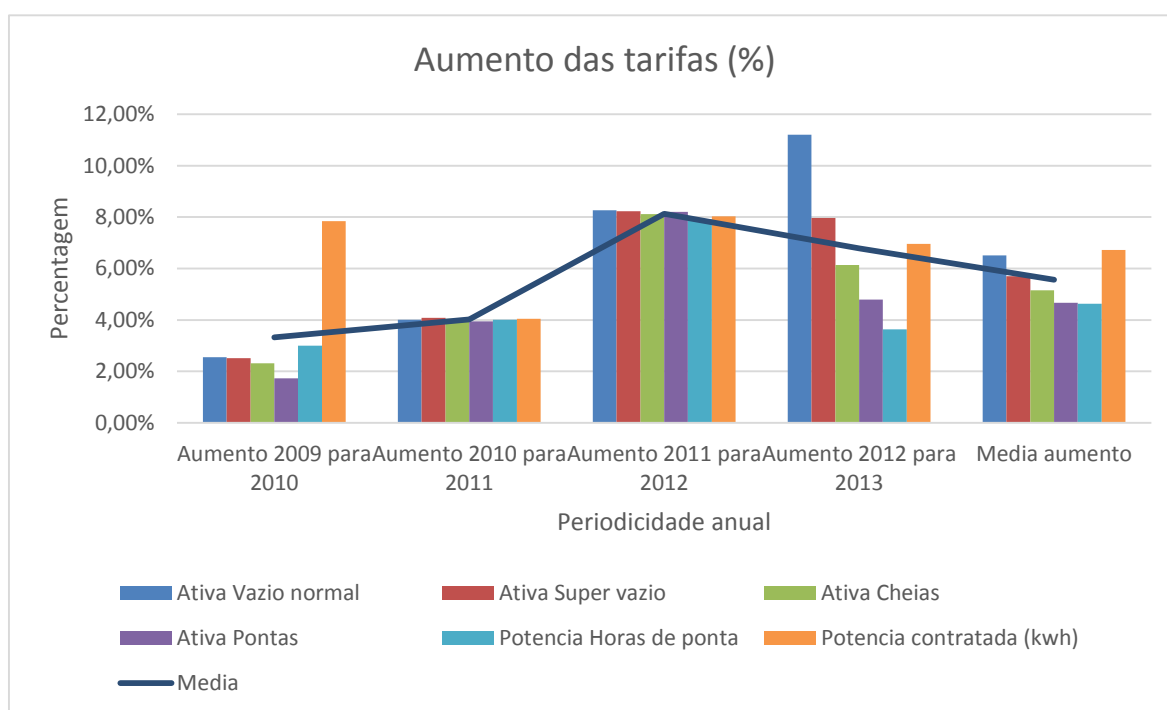


Gráfico 81 – Percentagem de aumento das tarifas

5.3.1. Balastros eletrónicos

Esta solução permite substituir todos os balastros ferromagnéticos existentes por balastros eletrónicos apresentados na Figura 48. Mantem-se as lâmpadas fluorescentes e suportes, apenas é necessário retirar/chantar o arrancador.

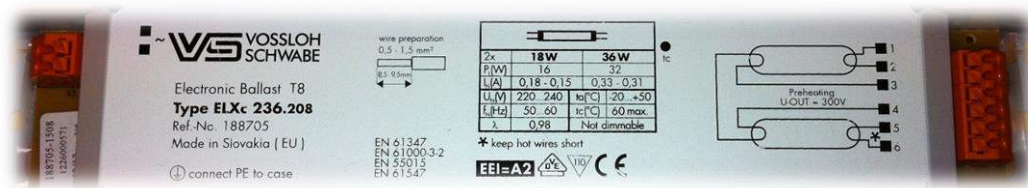


Figura 48 - Exemplo de Balastro Eletrónico

Para a implementação deste projeto, foram tomadas algumas considerações, nomeadamente ao nível dos custos:

- Aquisição dos balastros eletrónicos;
- Instalação dos balastros eletrónicos (mão-de-obra);
- Aquisição de lâmpadas para substituição;
- Substituição das lâmpadas (mão-de-obra);
- Energia (ativa, reativa e acesso à rede).

Após consulta aos fornecedores de material elétrico, obteve-se os valores referentes ao custo associados à substituição dos balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos, conforme pode ser visualizado na Tabela 40 (apresenta-se também o custo associado ao técnico que efetua a operação).

Tabela 40 – Custo associado à instalação do balastro eletrónico.

Balastro eletrónico	Custo unitário	Mão-de-obra (hora)	Tempo substituição	Custo total
2x36W	7,56 €	15 €	30 Min	7,5 €

Com estes valores realizou-se o cálculo do valor correspondente ao investimento inicial relativo a este projeto, que corresponde aos custos totais da substituição de todos os balastros ferromagnéticos por eletrónicos, conforme Tabela 41.

Tabela 41 - Custo do Investimento Inicial na solução de balastros eletrónicos.

Balastro eletrónico	Quantidade Balastros	Total aquisição balastros	Custo total
2x36W	175	1 323,00 €	1 315,20€
Total			2 635,50€

De seguida, procedeu-se ao levantamento dos custos de exploração, que foram divididos em dois grupos: Energia e Manutenção. O grupo da energia corresponde ao consumo e ao custo associado ao longo do período de análise. O grupo manutenção corresponde à aquisição e substituição da lâmpada

Sabendo o consumo de cada lâmpada e tendo em conta as taxas de utilização já mencionadas no capítulo 5.2, foi construída a Tabela 42 com os custos associados ao consumo num período diário e anual.

Tabela 42 – Consumo diário e anual para utilização dos balastros eletrónicos.

	<i>Consumo diário</i>	<i>Consumo anual</i>
Potência ativa (KW)	187,81	48831,40
Potência Reativa (KVA)	38,30	9958,01
Custo Ativa	18,96 €	4 928,72 €
Custo Reativa	0,22 €	58,09 €
Custo acesso à rede PHP	3,10 €	806,26 €
Custo total	22,28 €	5 793,07 €

Relativamente aos custos de manutenção, foram considerados os seguintes custos: Aquisição de lâmpadas fluorescentes tipo T8 e mão-de-obra para substituição das lâmpadas conforme Tabela 43, de realçar que uma lâmpada do tipo T8 com balastro ferromagnético tem uma duração típica de 7 000 horas, essas mesmas lâmpadas com balastros eletrónicos tem uma durabilidade de 18 000 horas.

Tabela 43 – Custo associado a aquisição e substituição de lâmpadas

Designação	Custo unitário c/iva	Quantidade	Custo total global	Custo total anual
Lâmpada 36W T8	2,28 €	1	2,28 €	0,59 €
Mão-de-obra	15€	8 Min	2 €	0,52 €

Para a realização do estudo económico deste projeto, como benefícios foram considerados os encargos com a energia e a manutenção da instalação existente num período de 5 anos, conforme pode ser visualizado na Tabela 44.

Tabela 44 – Benefícios do projeto.

Energia					
Ativa	11.182,46 €	11.462,02 €	11.748,57 €	12.042,29 €	12.343,34 €
Reativa	1.124,17 €	1.152,27 €	1.181,08 €	1.210,61 €	1.240,87 €
Acesso à rede	1.829,28 €	1.875,01 €	1.921,88 €	1.969,93 €	2.019,18 €
Total de Energia	14.135,91 €	14.489,30 €	14.851,54 €	15.222,82 €	15.603,39 €
Manutenção					
Aquisição Lâmpadas	533,52 €	546,86 €	560,53 €	574,54 €	588,91 €
Aquisição de Arrancadores	72,54 €	74,35 €	76,21 €	78,12 €	80,07 €
Mão-de-obra associada à substituição de lâmpadas	468,00 €	479,70 €	491,69 €	503,98 €	516,58 €
Total de Manutenção	1.074,06 €	1.100,91 €	1.128,43 €	1.156,65 €	1.185,56 €
Total de Benefícios	15.209,97 €	15.590,21 €	15.979,97 €	16.379,47 €	16.788,96 €

No seguimento e com a conjugação dos valores relativos aos custos de instalação e de exploração deste projeto, bem como os benefícios, foi efetuado o cálculo do *CASH FLOW LIQUIDO* conforme apresentado na Tabela 45, que corresponde à diferença entre os benefícios e os custos.

Tabela 45 - Resumo do cash flow.

Benefícios		15.209,97 €	15.590,21 €	15.979,97 €	16.379,47 €	16.788,96 €
Custos	2.635,50 €	7.514,95 €	7.702,82 €	7.895,39 €	8.092,78 €	8.295,10 €
CASH FLOW	- 2.635,50 €	7.695,02 €	7.887,39 €	8.084,58 €	8.286,69 €	8.493,86 €

Por último procedemos ao cálculo da *VAL*, tendo por base taxas de 10%, do *TIR*, *ROI*, e do período de recuperação do investimento, assim como uma síntese do total de benefícios e custos conforme apresentado na Tabela 46.

Tabela 46 – Resultados económicos para os balastros eletrónicos.

<i>VAL 10%</i>	27.886,47 €
<i>TIR</i>	294%
<i>ROI</i>	1435%
Período de Recuperação do Investimento (PRI)	0,33 Anos
<i>Total de Benefícios</i>	40.447,53 €
<i>Total de Custos</i>	2.635,50 €
Período de análise	De 2013 a 2018
Dimensão do período de análise	5 Anos

A análise foi feita tendo em consideração uma taxa de inflação anual de 2,5. Este projeto, para um VAL de 10% apresenta um valor de 40 447,53€, um TIR de 294% e uma ROI de 1435%, o período de recuperação do investimento é de 0,33 anos, o que nos leva a concluir que será uma opção bastante atrativa para a melhoria da eficiência energética do sistema de iluminação implementado na escola. No final do período de análise (5 anos), com esta solução é obtido um benefício total de 40 447,53€.

5.3.2. Eco Tubos

Esta solução consiste em substituir o conjunto da luminária por eco tubos, como se exemplifica na Figura 49. Neste sistema podemos ou não deixar o balastro ferromagnético, mas é aconselhável retirar o mesmo e efetuar ligações diretas entre o suporte e a alimentação, mantendo apenas os suportes da instalação anterior.



Figura 49 - Exemplo de Eco tubo.

Para a implementação deste projeto, foram tomadas algumas considerações, nomeadamente ao nível dos custos:

- Aquisição de Eco tubos;
- Instalação dos Eco tubos (mão-de-obra);
- Aquisição de lâmpadas para substituição;
- Substituição das lâmpadas (mão-de-obra);
- Energia (ativa, reativa e acesso à rede).

Após consulta aos fornecedores de material elétrico, obteve-se os valores referentes ao custo associados à substituição da instalação existente por eco tubos conforme pode ser

visualizado na Tabela 47, está efetuada também o custo associado ao técnico que efetua a operação.

Tabela 47 – Custo associado à instalação do eco tubo.

Designação	Custo unitário	Mão-de-obra (hora)	Tempo médio substituição	Custo total
Eco tubo	17,20 €	15 €	30 Min	7,5 €

Com estes valores realizamos o cálculo do valor correspondente ao investimento inicial relativo a este projeto, que corresponde aos custos totais da substituição de toda a instalação existente por eco tubos, conforme Tabela 48.

Tabela 48 - Custo do Investimento Inicial na solução de eco tubos.

Designação	Quantidade Eco tubo	Total aquisição Eco tubos	Custo total mão-de-obra
Eco tubo	350	6 020,00 €	2 625,00€
Total			8 645,00€

De igual forma que na solução anterior, o levantamento dos custos de exploração, que foram divididos em dois grupos: Energia e Manutenção. O grupo da energia traduz-se no consumo e custo associado ao longo do período de análise. O grupo manutenção corresponde à aquisição e substituição da lâmpada

Sabendo o consumo de cada eco tubo e tendo em conta as taxas de utilização já mencionadas no capítulo 5.2, foi construída a Tabela 49 com os custos associados ao consumo num período diário e anual.

Tabela 49 – Consumo diário e anual para utilização do eco tubo.

	<i>Consumo diário</i>	<i>Consumo anual</i>
Potência Ativa (kW)	148,60	38635,83
Potência Reativa (kVA)	96,40	25062,93
Custo Ativa	15,00 €	3.899,64 €
Custo Reativa	0,56 €	146,20 €
Custo acesso à rede PHP	2,45 €	637,92 €
Custo total	18,01 €	4.683,76 €

Relativamente aos custos de manutenção, foram considerados os seguintes custos: aquisição de lâmpadas fluorescentes tipo T5 e mão-de-obra para substituição das lâmpadas conforme

Tabela 48 (considerando que uma lâmpada do tipo T5 tem uma durabilidade de 20 000 horas).

Tabela 50 – Custo associado a aquisição e substituição de lâmpadas

Designação	Custo unitário	Quantidade	Custo total global	Custo total anual
Lâmpada 28W T5	3,04 €	1	3,04 €	0,71 €
Mão-de-obra	15€	8 Min	2 €	0,47 €

Seguindo o raciocínio análogo à solução anterior foram usados como benefícios os encargos com a energia e a manutenção para a instalação existente num período de 5 anos, conforme pode ser visualizado na Tabela 51.

Tabela 51 – Benefícios do projeto.

Energia					
Ativa	11.182,46 €	11.462,02 €	11.748,57 €	12.042,29 €	12.343,34 €
Reativa	1.124,17 €	1.152,27 €	1.181,08 €	1.210,61 €	1.240,87 €
Acesso à rede	1.829,28 €	1.875,01 €	1.921,88 €	1.969,93 €	2.019,18 €
Total de Energia	14.135,91 €	14.489,30 €	14.851,54 €	15.222,82 €	15.603,39 €
Manutenção					
Aquisição Lâmpadas	533,52 €	546,86 €	560,53 €	574,54 €	588,91 €
Aquisição de Arrancadores	72,54 €	74,35 €	76,21 €	78,12 €	80,07 €
Mão-de-obra associada à substituição de lâmpadas	468,00 €	479,70 €	491,69 €	503,98 €	516,58 €
Total de Manutenção	1.074,06 €	1.100,91 €	1.128,43 €	1.156,65 €	1.185,56 €
Total de Benefícios	15.209,97 €	15.590,21 €	15.979,97 €	16.379,47 €	16.788,96 €

No seguimento e com a conjugação dos valores relativos aos custos de instalação e de exploração deste projeto, bem como os benefícios, foi efetuado o cálculo do *CASH FLOW LIQUIDO*, para cada ano conforme apresentado na Tabela 52, que corresponde à diferença entre os benefícios e os custos.

Tabela 52 - Resumo do cash flow.

Benefícios	15.209,97 €	15.590,21 €	15.979,97 €	16.379,47 €	16.788,96 €
Custos	8.645,00 €	6.173,81 €	6.328,15 €	6.486,36 €	6.648,51 €
CASH FLOW	- 8.645,00 €	9.036,16 €	9.262,06 €	9.493,61 €	9.974,23 €

Por último, procedemos ao cálculo do VAL, tendo por base a taxa de 10%, do TIR, ROI, e do período de recuperação do investimento, assim como uma síntese do total de benefícios e custos conforme apresentado na Tabela 53.

Tabela 53 – Resultados económicos para os Eco tubos.

VAL 10%	27.196,57 €
TIR	104%
ROI	449%
Período de Recuperação do Investimento (PRI)	0,91 Anos
Total de Benefícios	47.497,02 €
Total de Custos	8.645,00 €
Período de análise	De 2013 a 2018
Dimensão do período de análise	5 Anos

A análise foi feita tendo em consideração uma taxa de inflação anual de 2,5. Este projeto, apresenta VAL positiva para o cenário traçados de 10%, com um valor de 27 196,57€, um TIR de 104% e uma ROI de 449%, o período de recuperação do investimento de 0,91 anos, o que nos leva a concluir que juntamente com a solução anterior também é uma opção bastante atrativa para a melhoria da eficiência energética do sistema de iluminação implementado na escola. No final do período de análise (5 anos), com esta solução é obtido um benefício total de 47 497,02€.

5.3.3. Led

A última solução consiste em substituir o conjunto da luminária por lâmpadas led, idênticas às apresentadas na Figura 50. De acordo com a solução anterior, neste caso podemos optar por retirar ou deixar o balastro ferromagnético.



Figura 50 - Exemplo de uma lâmpada led.

Para a implementação deste projeto, foram tomadas algumas considerações, nomeadamente ao nível dos custos:

- Aquisição de lâmpadas led;
- Instalação das lâmpadas led (mão-de-obra);
- Aquisição de lâmpadas para substituição;
- Substituição das lâmpadas (mão-de-obra);
- Energia (ativa, reativa e acesso à rede).

Após consulta aos fornecedores de material elétrico, obteve-se os valores referentes ao custo associados à substituição da instalação existente por lâmpada led conforme pode ser visualizado na Tabela 54, está efetuada também o custo associado ao técnico que efetua a operação.

Tabela 54 – Custo associado à instalação da lâmpada led.

Designação	Custo unitário	Mão-de-obra (hora)	Tempo substituição	Custo total
Lâmpada Led	20,30 €	15 €	30 Min	7,5 €

Com estes valores realizamos o cálculo do valor correspondente ao investimento inicial relativo a este projeto, que corresponde aos custos totais da substituição de toda a instalação existente por eco tubos, conforme Tabela 55.

Tabela 55 - Custo do Investimento Inicial na solução de lâmpadas led.

Designação	Quantidade Eco tubo	Total aquisição	Custo total mão-de-obra
Lâmpada Led	350	7 105,00 €	2 625,00€
Total			9 730,00€

De modo a seguir o procedimento das soluções anteriores, procedeu-se ao levantamento dos custos de exploração, que foram divididos em dois grupos: Energia e Manutenção. O grupo da energia traduz-se no consumo e custo associado ao longo do período de análise. O grupo manutenção corresponde à aquisição e substituição da lâmpada

Sabendo o consumo de cada lâmpada led e tendo em conta as taxas de utilização, já mencionadas no capítulo 5.2, foi construída a Tabela 56 com os custos associados ao consumo num período diário e anual.

Tabela 56 – Consumo diário e anual para utilização da lâmpada led.

	Consumo diário	Consumo anual
Potência Ativa (kW)	111,45	28976,88
Potência Reativa (KVA)	54,21	14094,12
Custo Ativa	11,25 €	2.924,73 €
Custo Reativa	0,32 €	82,22 €
Custo acesso à rede PHP	1,84 €	478,44 €
Custo total	13,41 €	3.485,39 €

Relativamente aos custos de manutenção, foram considerados os seguintes custos: aquisição de lâmpadas led e mão-de-obra para substituição das lâmpadas, conforme Tabela 57, considerando que uma lâmpada led tem uma durabilidade de 25 000 horas.

Tabela 57 – Custo associado a aquisição e substituição de lâmpadas

Designação	Custo unitário c/iva	Quantidade	Custo total global	Custo total
Lâmpada led	20,30 €	1	20,30 €	3,80 €
Mão-de-obra	15€	8 Min	2 €	0,37 €

Para complementar a análise, foram usados como benefícios os encargos com a energia e a manutenção para a instalação existente num período de 5 anos, conforme pode ser visualizado na Tabela 58.

Tabela 58 – Benefícios do projeto.

Energia					
Ativa	11.182,46 €	11.462,02 €	11.748,57 €	12.042,29 €	12.343,34 €
Reativa	1.124,17 €	1.152,27 €	1.181,08 €	1.210,61 €	1.240,87 €
Acesso à rede	1.829,28 €	1.875,01 €	1.921,88 €	1.969,93 €	2.019,18 €
Total de Energia	14.135,91 €	14.489,30 €	14.851,54 €	15.222,82 €	15.603,39 €
Manutenção					
Aquisição Lâmpadas	533,52 €	546,86 €	560,53 €	574,54 €	588,91 €
Aquisição de Arrancadores	72,54 €	74,35 €	76,21 €	78,12 €	80,07 €
Mão-de-obra associada à substituição de lâmpadas	468,00 €	479,70 €	491,69 €	503,98 €	516,58 €
Total de Manutenção	1.074,06 €	1.100,91 €	1.128,43 €	1.156,65 €	1.185,56 €
Total de Benefícios	15.209,97 €	15.590,21 €	15.979,97 €	16.379,47 €	16.788,96 €

No seguimento e com a conjugação dos valores relativos aos custos de instalação e de exploração deste projeto, bem como os benefícios, foi efetuado o cálculo do *CASH FLOW LIQUIDO* para cada ano conforme apresentado na Tabela 59, que corresponde à diferença entre os benefícios e os custos.

Tabela 59 - Resumo do cash flow.

Benefícios	15.209,97 €	15.590,21 €	15.979,97 €	16.379,47 €	16.788,96 €
Custos	9.730,00 €	5.748,12 €	5.891,83 €	6.039,12 €	6.190,10 €
CASH FLOW	- 9.730,00 €	9.461,84 €	9.698,39 €	9.940,85 €	10.189,37 €

Por último, procedeu-se ao cálculo do VAL, tendo por base a taxa 10%, do TIR, ROI, e do período de recuperação do investimento, assim como uma síntese do total de benefícios e custos conforme apresentado na Tabela 60.

Tabela 60 – Resultados económicos para os Eco tubos.

VAL 10%	27.800,02 €
TIR	96%
ROI	411%
Período de Recuperação do Investimento (PRI)	0,98 Anos
Total de Benefícios	49.734,55 €
Total de Custos	9.730,00 €
Período de análise	De 2013 a 2018
Dimensão do período de análise	5 Anos

A análise foi feita tendo em consideração uma taxa de inflação anual de 2,5 %. Este projeto apresenta um VAL positivo num cenário de 10% com um valor de 27 800,02 €, um TIR de 96%, um ROI de 411% e um período de recuperação do investimento de 0,98 anos. Estes resultados levam a concluir que juntamente com as soluções anteriores, também é uma opção bastante atrativa para a melhoria da eficiência energética do sistema de iluminação implementado na escola. No final do período de análise (5 anos), com esta solução é obtido um benefício total de 49 734,55 €.

Para o conjunto das soluções apresentadas, tendo em conta apenas o período de recuperação do investimento: a solução que consiste na substituição de balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos, têm um período de retorno de 0,33 anos, a solução de eco tubos têm um retorno de 0,91 anos e a solução de lâmpadas led têm um retorno de 0,98 anos.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Os consumos analisados são o objetivo do projeto em curso. Neste contexto, é possível extrair algumas conclusões práticas, assumindo ainda assim a limitação dos equipamentos de leitura, designadamente dos contadores de gás e de entalpia.

O estudo do registo de consumos efetuado por contadores de gás e de entalpia permitiria aprofundar o nível de detalhe das leituras, tanto em relação ao histórico e ao comportamento dos consumos, como em relação às medidas a serem implementadas no plano de racionalização de consumo de energia. Os dados foram fundamentados e obtidos parcialmente com recurso a algumas leituras de um analisador de rede, do contador de gás e de analisadores de gases.

Para o Caso de Estudo em análise não se efetuou a monitorização permanente dos consumos desagregados (gestão centralizada). Existe apenas um histórico de valores mensais dos contadores globais, ou seja, as faturas de eletricidade, o que impossibilita uma desagregação por equipamentos ou zonas. Para tentar minimizar esses efeitos, as auditorias incluem campanhas de medição, geralmente realizadas em curtos períodos de tempo, não permitindo uma caracterização perfeita da desagregação dos consumos. No Caso de Estudo analisado (ESTG), as medições apenas foram tomadas em consideração para verificação dos consumos por edifício e para realização do estudo técnico económico.

Tendo como referência os valores reais recolhidos nas auditorias, será possível caracterizar de forma mais eficiente o consumo do edifício.

Durante o período de referência (2012), o edifício da ESTG apresentou um consumo de energia final de 182,81 teps. A eletricidade teve um consumo de 74%, que corresponde ao triplo do consumo do gás natural que foi de 23%. O consumo de pellets apenas chegou aos 3%. O encargo com o consumo de energia, foi de 138 714€. Na eletricidade foram gastos 94 674€ que corresponde a 68% dos encargos. Com o gás natural obteve-se um gasto de 40 498€ e 3 542€ com as pellets.

Na sequência do estudo de sensibilidade realizado, pode afirmar-se que com pequenas mudanças nos hábitos de consumo, são obtidas poupanças energéticas de algum registo:

- A primeira proposta incluída no estudo de sensibilidade diz respeito ao aproveitamento da água quente dos destiladores, consistindo no reaproveitamento da água drenada em circuito aberto, colocando-a num pequeno reservatório de acumulação. Com um investimento de cerca de 5€ (derivações e mangueiras) é possível efetuar uma poupança no consumo de água e na energia gasta para a aquecer.
- A segunda proposta estudada e avaliada ao nível do estudo de sensibilidade visa impedir que a iluminação esteja ligada na ausência de utilizadores. Nos nossos dias, é fundamental a utilização de sensores de movimento, luminosidade e temperatura para efetuar a ativação/desativação dos sistemas energéticos.
- A terceira proposta corresponde à correção do fator de potência, para esta proposta foi efetuado um estudo técnico-económico, os valores são analisados ao longo deste capítulo.
- A quarta proposta corresponde à colocação de contadores de gás natural e de entalpia para avaliação do consumo de gás natural e da energia gasta no aquecimento de água para aquecimento do ar ambiente.
- A quinta proposta corresponde à substituição da iluminação existente, ao longo deste capítulo são apresentadas as conclusões às várias soluções estudadas para esta proposta.
- A sexta proposta consiste na afinação /regulação das caldeiras permitindo um aumento do rendimento das mesmas e por conseguinte uma redução no consumo de gás natural.
- A sétima proposta refere-se à negociação da potência contratada. Trata-se de uma solução viável porque não requer nenhum investimento, no entanto a mesma apresenta um maior grau de dificuldade pois depende de aprovação da entidade fornecedora de energia. Os restantes estudos requerem outro tipo de alteração e investimento (correção do fator de potência e alteração tipo de iluminação).

As medidas adotadas de um ponto de vista técnico necessitam de um estudo financeiro que as suporte. O estudo exaustivo e detalhado da instalação existente e das soluções técnicas disponíveis no mercado acrescem uma mais-valia técnica e económica à análise efetuada.

No estudo técnico-económico desenvolvido para efetuar a alteração da iluminação existente, foram analisadas três soluções:

- A primeira solução refere-se à substituição dos balastros ferromagnéticos de iluminação por balastros eletrônicos. Esta solução apresenta um VAL (Valor Atual Líquido), supondo uma taxa de atualização de 10%, de 27 886,47 €. A mesma solução apresenta um TIR de 294%, e uma ROI de 1435%. O período de recuperação do investimento (PRI), neste caso situa-se nos 4 meses. O benefício total para o período de 5 anos (2013 a 2018) é de 40 447,53 €

- A segunda solução analisada corresponde à substituição das lâmpadas por “eco tubos”. Esta solução produziria um VAL, com uma taxa de atualização de 10%, de 27 196,57 €, uma TIR de 104%, uma ROI de 449% e um PRI de 11 meses. O benefício total para o período de 5 anos (2013 a 2018) é de 47 497,02 €

- A terceira solução analisada corresponde à substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas led. Neste caso obteríamos um VAL, com uma taxa de atualização de 10%, de 27 800,02 €. A mesma solução apresenta um TIR de 96% e um ROI de 411%. O período de recuperação do investimento (PRI) seria de 1 ano. O benefício total para o período de 5 anos (2013 a 2018) é de 49 734,55 €.

A melhor solução a implementar é a solução da substituição de balastros ferromagnético por balastros eletrônicos (primeira solução), visto que é o investimento de menor valor que mais rapidamente proporciona o retorno do investimento. Tendo em conta o período de análise (5 anos) o benefício é, no entanto, superior na terceira solução.

Todas as soluções estudadas são, de qualquer forma, viáveis tendo em conta os parâmetros usados nos cálculos, pois para além de serem economicamente viáveis, proporcionam um aumento do rendimento luminoso, eliminação do flicker, eliminação do ruído audível e aumento da duração de vida da lâmpada.

Para o estudo técnico-económico de correção do fator de potência conclui-se, mediante os cálculos efetuados, que a solução apresentada tem um retorno em cerca de 2 meses. Com um VAL com taxa de 10%, obtemos um valor de 28 635,99 €, um TIR de 638% e uma ROI de 3241%. Nesta solução não só obtemos uma poupança económica como também aumentamos a durabilidade dos equipamentos e instalações.

Após a realização do estudo foi possível constatar o seguinte:

1. Um conhecimento pormenorizado dos parâmetros e dos consumos da fatura elétrica permite dar um passo importante na redução de encargos com a mesma.
2. O ajuste dos sistemas instalados ao tipo de utilização existente determina um melhor aproveitamento dos recursos.
3. As instalações da ESTG foram construídas em 1985. Alguns baixos investimentos que se venham a efetuar têm períodos de retorno muito rápidos e permitem obter altos benefícios num período de 5 anos.
4. O estudo desenvolvido no trabalho agora finalizado permite fornecer ferramentas de gestão técnico-económicas a quem dirige a instituição. Neste contexto, pequenos investimentos estratégicos que venham a ser efetuados terão repercussões elevadas na melhoria do desempenho das instalações e equipamentos e uma consequente redução da fatura energética a ser paga.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE. (2004). Cursos de utilização racional de energia.
- Alves, D. N. M. (2010). Implementación de una Unidad Piloto de Producción de ACS a partir de Energías Renovables.
- Center, W. E. (2004). Potencial e Estratégia de desenvolvimento da energia das ondas em Portugal.
- Comissão Europeia. (2007). *2020 vision: Saving our energy*. (92-79-03629-7). Retrieved from http://ec.europa.eu/energy/action_plan_energy_efficiency/doc/2007_eeap_en.pdf.
- Conselho da União Europeia. (2002). Decisão do Conselho de 25 de Abril de 2002 relativa à aprovação, em nome da Comunidade Europeia, do Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas e ao cumprimento conjunto dos respectivos compromissos.
- Conselho de Ministros. (2013). *Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013*. Retrieved from <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2013/04/07000/0202202091.pdf>.
- Curado, A. (2009). *Conforto Térmico e Eficiência Energética nos Edifícios de Habitação Social Reabilitados*. (Tese de Doutoramento). Retrieved from <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/72898>
- Energia, G. (2012). Fatura gás natural. from http://www.galpennergia.com/PT/ProdutosServicos/GasNatural/Mercado-Regulado/Facturacao/Documents/FaturaGN_Abril2010.pdf
- Alteração ao Regulamento de Relações Comerciais do Setor Elétrico (2012a).
- Energéticos, E.-E. R. d. S. (2012b). Portal ERSE - Tarifas e Preços. from <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/Paginas/default.aspx>
- Estratégia nacional de investigação e inovação. (2013). Diagnóstico de Apoio às Jornadas de Reflexão Estratégica.
- Fragoso, R. (2013). *O novo enquadramento legal do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE)*. Paper presented at the Encontro 2013 ADENE - Agências Regionais e Municipais de Energia, Miraflores. http://www.adene.pt/sites/default/files/131216sce_rfragoso.pdf
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2011). ISO 50001 - Energy Management System.
- Martins, P. M. P. (2012). *Eficiência energética em edifícios de serviços*. (masterThesis). Retrieved from <http://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/2147>

Missão UP - Professores. (2014). Retrieved 23 de Setembro, 2014, from <http://www.missaoup.com/professores/formasinovadorasdedeslocacao>

PORDATA. (2012). Consumo final por tipo de sector consumidor. Available from Eurostat / AIE / UNECE / Entidades Nacionais <http://www.pordata.pt/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>

Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010 (2010).

Decreto-Lei n.º 118/2013 (2013).

Sá, A. F. R. d. (2009). Sistemas de ar comprimido - MEDIDAS PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. *voltimum*.

Teixeira, L. F. d. A. (2013). *Desempenho Energético de um Edifício de Ensino*. s can be given as examples. Retrieved from http://run.unl.pt/bitstream/10362/10110/1/Teixeira_2013.pdf

Directiva 2010/31/UE (2010).

**APÊNDICE I - CONSUMOS FINAIS (TEP) EUROPEUS POR TIPO DE SETOR
CONSUMIDOR**

Tabela 61 - Consumos finais (tep) europeus por tipo de setor consumidor

Países	Total	Indústria	Transportes	Agregados domésticos	Pescas	Agricultura	Serviços
União Europeia (27 Países)	1097501,6	281171,2	349073,4	287131,1	1009,6	23437,6	147754,4
DE – Alemanha	213076,5	61152,3	61469,5	57507,3	0	0	32790,5
AT - Áustria	27341,7	9112,2	8439,3	6625,8	0,7	566,4	2597,4
BE - Bélgica	36596,5	13295,4	9840,9	7431	0	659,2	4432,9
BG - Bulgária	9240,9	2582,4	3077,7	2377,9	1,4	199,1	1002,3
CY - Chipre	1757,8	162,7	969,7	345,6	0,3	41,6	221,2
DK - Dinamarca	14122,3	2292,1	4610,3	4399,8	111,7	760,6	1937
SK - Eslováquia	10346,8	4344,2	2337,1	2070,4	0	143,5	1451,6
SI - Eslovénia	4855	1203,9	1906,8	1186,7	0	75,8	458,7
ES - Espanha	83223,6	20784,6	33348,9	15507,2	39,5	2362,7	10100,1
EE - Estónia	2872,2	573	793,5	970,8	0,8	110,1	424,1
FI - Finlândia	25256,3	10910,6	4814,9	5419,9	36,8	739,6	1938,3
FR - França	150824,2	29554,6	50274,5	42075,5	344,4	4151,2	22571
GR - Grécia	16262,9	2474,1	5961,3	4828,7	30	284,3	2301,8
HU - Hungria	14736,7	2856,6	3845	5137	0,9	398,5	2437,9
IE - Irlanda	10720,3	2267,1	4152,8	2723,3	0	244,5	1332,6
IT - Itália	119007,9	29314,9	39449,4	31330,3	198,3	2625,3	15930,5
LV - Letónia	4027,1	830,1	1050,1	1376,2	7,9	140,4	620,8
LT - Lituânia	4831,5	1000,1	1571,3	1534,8	2,3	108,5	611,4
LU - Luxemburgo	4177,3	600,6	2578,5	430,9	0	24,9	542,4
MT - Malta	448,5	45,6	264,4	77,5	0,1	0,5	53,1
NL - Países Baixos	51093,5	13859,6	14802,3	10292,3	120,3	3401,9	8573,1
PL - Polónia	63635,4	14862,8	17297,7	19601	0	3682,7	8190,2
PT - Portugal	16155,5	4738,4	6436,1	2713,6	89,8	342,6	1814,5
UK - Reino Unido	133760,8	25797,1	50061,4	39689,1	0	859,4	16102,3
CZ - República Checa	24056,4	8100	6048,2	6021,4	0,9	577,3	3035,1
RO - Roménia	22698	6786,8	5345,1	8060,6	0	497,7	1763,2
SE - Suécia	32375,8	11669,4	8326,7	7396,6	23,6	439,3	4520,2
HR - Croácia	5908,5	1145,4	2006,6	1801,5	29,6	200,4	724,9

APÊNDICE II – TABELA DE ILUMINAÇÃO DE SALAS DE AULA E AUDITÓRIOS

Piso	Sigla	Designação	Tipo Lâmpada	Potência (W)	QNT	Total (W)
0	AP	Auditório Principal	Fluorescente compacta	18	29	522
			Incandescente	100	32	3200
			Fluorescente	58	45	2610
	A 1.1	Anfiteatro 1.1	Fluorescente tubular	36	36	1296
	A 1.2	Auditório Pequeno	Fluorescente compacta	18	22	396
			Fluorescente	58	20	1160
	A 1.3	Anfiteatro	Fluorescente tubular	58	18	1044
	S 1.1	Sala 1.1	Fluorescente tubular	36	20	720
				58	10	580
	S 1.2	Sala 1.2	Fluorescente tubular	36	8	288
	S 1.3	Sala 1.3	Fluorescente tubular	58	12	696
	S 1.4	Sala 1.4	Fluorescente tubular	36	16	576
	S 1.5	Sala 1.5	Fluorescente tubular	36	12	432
	S 1.6	Sala 1.6	Fluorescente tubular	36	12	432
	S.1.10	Sala 1.10	Fluorescente tubular	36	30	1080
1	A 2.1	Anfiteatro 2.1	Fluorescente tubular	36	36	1296
	S 2.1	Sala 2.1	Fluorescente tubular	36	18	648
	S 2.2	Sala 2.2	Fluorescente tubular	36	18	648
	S 2.3	Sala 2.3	Fluorescente tubular	36	12	432
	S 2.4	Sala 2.4	Fluorescente tubular	36	18	648
	S 2.5	Sala 2.5	Fluorescente tubular	36	18	648
	S.2.6	Sala 2.6	Fluorescente tubular	36	18	648
	S 2.7	Sala 2.7	Fluorescente tubular	36	18	648
	S.2.9	Sala 2.9	Fluorescente tubular	36	18	648
	S.2.10	Sala 2.10	Fluorescente tubular	36	18	648
	S.2.11	Sala 2.11	Fluorescente tubular	36	18	648
2	S 3.1	Sala 3.1	Fluorescente tubular	36	18	648
	S.3.2	Sala 3.2	Fluorescente tubular	36	12	432
	S.3.3	Sala 3.3	Fluorescente tubular	36	18	648
	S.3.4	Sala 3.4	Fluorescente tubular	36	18	648
	S.3.5	Sala 3.5	Fluorescente tubular	36	18	648

APÊNDICE III– TABELA DE ILUMINAÇÃO DE LABORATÓRIOS E ARMAZÉNS

Piso	Sigla	Designação	Tipo Lâmpada	Potência (W)	QNT	Total (W)
0	L 1.1	Design 1	Fluorescente tubular	36	24	864
	L 1.2	Laboratório de Design 2	Fluorescente tubular	36	24	864
	L 1.3	Laboratório de Física	Fluorescente tubular	36	26	936
	L 1.4	Laboratório de Química	Fluorescente tubular	36	20	720
	L 1.5	Laboratório de Águas	Fluorescente tubular	36	18	648
	L 1.6	Investigação em Materiais	Fluorescente tubular	36	12	432
	L 1.7	Instrumental 1	Fluorescente tubular	36	4	144
	L 1.8	Análises Térmicas	Fluorescente tubular	36	4	144
	L 1.9	Instrumental 2	Fluorescente tubular	36	8	288
	L 1.10	Laboratório de SIG	Fluorescente tubular	36	8	288
	L 1.11	Ambientais 1	Fluorescente tubular	36	18	648
	L 1.12	Ambientais 2	Fluorescente tubular	36	30	1.080
	L 1.13	Laboratório	Fluorescente tubular	36	12	432
	L 1.14	Ensaaios Físicos	Fluorescente tubular	36	12	432
	L 1.15	Laboratório de Vidrados	Fluorescente tubular	36	12	432
	L 1.16	Laboratório de Química	Fluorescente tubular	36	10	360
	L 1.17	Laboratório de Metalografia	Fluorescente tubular	36	10	360
	L 1.18	Laboratório de Gessos	Fluorescente tubular	36	14	504
	L 1.19	Tecnológico de Cerâmica	Fluorescente tubular	36	74	2.664
	L 1.20	Engenharia Civil	Fluorescente tubular	36	12	432
	L 1.21	Laboratório de Turismo	Fluorescente tubular	36	12	432
	AR 1	Armazém Geral	Fluorescente tubular	36	12	432
	AR 2	Armazém Químicos	Fluorescente tubular	36	6	216
	AR 3	Armazém Cerâmico	Fluorescente tubular	36	6	216
	AR4	Câmara Escura	Fluorescente tubular	36	6	216
1	L 2.1	Microbiologia	Fluorescente tubular	36	18	648
	L 2.2	Tecnologias Alimentares	Fluorescente tubular	36	30	1080
	UMA	Unidade de Microbiologia	Fluorescente tubular	36	10	360
	L.2.3	Qualidade Alimentar	Fluorescente tubular	36	16	576
	L 2.4	Cozinha Experimental	Fluorescente tubular	36	24	864
	L 2.5	Análise Sensorial	Fluorescente tubular	36	12	432
	L 2.6	Laboratório de CAD	Fluorescente tubular	36	18	648
	L 2.7	Laboratório de Gestão	Fluorescente tubular	36	6	216
	L 2.8	Laboratório de Multimédia	Fluorescente tubular	36	12	432
2	L 3.1	Informática Geral	Fluorescente tubular	36	18	648
	L 3.2	Informática Geral	Fluorescente tubular	36	24	864
	L 3.3	Eletrónica Geral	Fluorescente tubular	36	16	576
	L 3.3 a	Eletrónica Geral	Fluorescente tubular	36	12	432
	L 3.4	Computação Gráfica	Fluorescente tubular	36	24	864
	L 3.5	Laboratório de Animação	Fluorescente tubular	36	24	864
	L 3.6	Laboratório de Robótica	Fluorescente tubular	36	8	288
	L 3.7	Laboratório de Telemática	Fluorescente tubular	36	12	432
	L 3.8	Sistemas Digitais	Fluorescente tubular	36	18	648
	L 3.9	Laboratório de Programação	Fluorescente tubular	36	20	720

APÊNDICE IV – TABELA DE DE ILUMINAÇÃO DE WC’S E CORREDORES

Piso	Sigla	Designação	Tipo Lâmpada	Potencia (W)	QNT	Total (W)
0	WC (1)	Perto laboratório 1.1 e 1.2	Fluorescente tubular	18	2	36
			incandescente	40	1	40
	WC (2)	Perto cerâmica	Fluorescente tubular	18	2	36
			Fluorescente tubular	36	2	72
			incandescente	40	5	200
	WC (2)	Dentro do laboratório de cerâmica	Fluorescente	36	1	36
			Fluorescente	18	5	90
			incandescente	40	2	80
	WC (2)	Acadêmicos virados escadas	Fluorescente tubular	18	2	36
			Fluorescente tubular	36	2	72
			incandescente	40	5	200
	WC (2)	Acadêmicos virados corredor	Fluorescente tubular	18	4	72
			incandescente	40	2	80
	WC (2)	Perto da cantina	Fluorescente tubular	18	4	72
			Fluorescente tubular	36	2	72
			incandescente	40	3	120
1	Cantina		Fluorescente tubular	36	24	864
	Corredor piso 0		Fluorescente tubular	36	146	5256
	WC (2)	Corredor Turismo	Fluorescente tubular	18	4	72
			Fluorescente tubular	36	1	36
			incandescente	40	5	200
	WC (2)	Centro do corredor	Fluorescente tubular	18	4	72
			incandescente	40	2	80
	WC (2)	Centro corredor em frente as escadas	Fluorescente tubular	18	1	18
			Fluorescente tubular	36	2	72
			incandescente	40	5	200
	WC (2)	Corredor Alimentar	Fluorescente tubular	18	1	18
			Fluorescente tubular	36	2	72
			incandescente	40	5	200
	Corredor piso 1		Fluorescente tubular	36	61	2196
2	WC (2)	Corredor laboratórios	Fluorescente tubular	18	2	36
			Fluorescente tubular	36	2	72
			incandescente	40	5	200
	WC (2)	Perto da direção	Fluorescente tubular	18	2	36
			Fluorescente tubular	36	2	72
			incandescente	40	5	200
	WC (2)	Dentro da direção	Fluorescente tubular	18	2	36
			incandescente	40	2	80
	Corredor Piso 2		Fluorescente tubular	36	38	1368

APÊNDICE V – TABELAS DE ILUMINAÇÃO DE GABINETES

Piso	Sigla	Designação	Tipo	Potência (W)	QNT	Total (W)
0	G 1.1	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.2	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.3	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.4	Gabinete	Fluorescente tubular	36	8	288
	G 1.5	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.6	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.7	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.8	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.9	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.10	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.11	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.12	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.13	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.14	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.15	Gabinete	Fluorescente tubular	36	8	288
	G 1.16	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.17	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 1.18	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	SR 1.1		Fluorescente tubular	36	4	144

Piso	Sigla	Designação	Tipo	Potência (W)	QNT	Total (W)
1	G 2.1	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.2	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.3	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.4	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.5	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.6	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.7	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.8	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.9	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.10	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.11	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.12	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.13	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.14	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.15	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.16	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.17	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.18	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.19	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.20	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.21	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.22	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.23	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.24	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.25	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.26	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.27	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.28	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.29	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.30	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.31	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.32	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 2.33	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
		Centro de Informática	Fluorescente tubular	36	16	576
	SR 2.1	Sala de reuniões do DCET	Fluorescente tubular	36	4	144
	SR 2.2	Sala de apoio ao DCEE	Fluorescente tubular	36	8	288
	SR 2.3	Sala de reuniões do DCEE	Fluorescente tubular	36	8	288
	SR 2.4	Sala de reuniões do DCSH	Fluorescente tubular	36	8	288

Piso	Sigla	Designação	Tipo	Potência (W)	QNT	Total (W)
2	G 3.1	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.2	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.3	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.4	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.5	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.6	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.7	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.8	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.9	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.10	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.11	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.12	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.13	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.14	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.15	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.16	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.17	Gabinete	Fluorescente tubular	36	8	288
	G 3.18	Gabinete	Fluorescente tubular	36	4	144
	G 3.19	Gabinete	Fluorescente tubular	36	8	288
	G 3.20	Gabinete	Fluorescente tubular	36	12	432
	G 3.21	Gabinete	Fluorescente tubular	36	2	72
	G 3.22	Gabinete	Fluorescente tubular	36	12	432
	SR 3.1	Sala do DCBC	Fluorescente tubular	36	4	144
	SR 3.2	Conselho Científico	Compactas	18	48	864

APÊNDICE VI – TABELA DA ILUMINAÇÃO EXTERIOR

Designação	Tipo	Potência (W)	QNT	Total Potencia (W)
Postes	Vapor de sódio	100	51	5100
Pimenteiros	Vapor de sódio	50	44	2200
Projetores	Vapor de sódio	1000	2	2000